



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

Dottorato in Storia e Didattica delle Matematiche, della Fisica e della Chimica

Dipartimento di Fisica e Chimica

SSD: CHIM/02

EFFICACIA DIDATTICA DELLA CONNESSIONE TRA CONCETTI FONDANTI DELLA CHIMICA E TEMI DELLA MODERNA RICERCA SCIENTIFICA

IL DOTTORE

ROBERTA MANIACI

IL COORDINATORE

PROF. AURELIO AGLIOLO GALLITTO

IL TUTOR

PROF.SSA DELIA CHILLURA MARTINO

CO TUTOR

PROF. MICHELE FLORIANO

CICLO XXVI

ANNO CONSEGUIMENTO TITOLO 2016

Sommario

Presentazione e Riassunto	1
1. Introduzione	3
1.1 Epistemologia: Teorie dell'apprendimento.....	5
1.1.1 Comportamentismo	5
1.1.2 Cognitivismo	8
1.1.3 Costruttivismo	11
1.1.4 Concezioni alternative e ostacoli d'apprendimento	14
1.2 Aspetti specifici nella didattica della chimica.....	15
1.3 Ambiente di apprendimento autentico.....	17
1.4 Inquiry Based Science Education (IBSE)	22
1.5 Il ciclo delle 5E nel protocollo IBSE.....	25
1.6 Insegnamento della chimica in contesto	33
2. Scopo della tesi	39
3. Metodologia	41
3.1 La proposta IBSE+	41
3.2 La fase Engage+: elettronica molecolare e nanomacchine	42
4. Parte sperimentale	46
4.1 Progettazione e realizzazione della prima fase della sperimentazione	47
4.1.1 Percorso didattico 1: il legame chimico e le interazioni intermolecolari.	50
4.1.2 Percorso didattico 2: la delocalizzazione elettronica e le interazioni intermolecolari.	71
4.2 Dettagli operativi.....	79
4.3 Risultati.....	79
4.4 Analisi dei risultati e revisione dei percorsi.....	84
4.5 Realizzazione della seconda fase	93
4.6 Risultati.....	93
4.6.1 Valutazione dell'apprendimento	93

4.6.2 Valutazione dell'opinione.....	100
4.7 Analisi quantitativa delle risposte aperte	116
4.7.1 Descrizione del metodo.....	117
4.7.2 Percorso sui legami chimici e le interazioni intermolecolari	119
4.7.3 Percorso sulla delocalizzazione elettronica e le interazioni intermolecolari	128
4.8 Il punto di vista dei docenti.....	130
5. Conclusioni	133
Bibliografia.....	137
Elenco figure	144
Elenco tabelle	147

Presentazione e Riassunto

L'insegnamento/apprendimento della chimica presenta importanti difficoltà, alcune delle quali comuni a tutte le Scienze, altre specifiche della disciplina, spesso percepita dagli studenti come difficile e astratta. Nel campo della chimica, parte del problema deriva anche dalla sua immagine nella società, spesso associata ad aspetti negativi. In questo contesto, il principale ruolo del docente deve essere quello di collegare concretamente i concetti fondanti della disciplina con i fenomeni del mondo in cui gli studenti vivono; questo processo è indispensabile nella realizzazione di ciò che viene definito *insegnamento/apprendimento autentico*.

I concetti base della chimica hanno un ruolo, spesso determinante, in numerose e affascinanti applicazioni della ricerca scientifica più avanzata e innovativa. Mostrare agli studenti le potenzialità dell'applicazione delle regole fondamentali della disciplina nell'innovazione, può contribuire favorevolmente all'autenticità dell'insegnamento.

Sulla base di queste premesse, si è pensato di sperimentare l'introduzione di esempi tratti dalla moderna ricerca scientifica e tecnologica nella realizzazione di un ambiente di apprendimento ispirato a quelli già presenti in letteratura. Fra questi ultimi, anche per il ridotto numero di esempi specifici in campo chimico, si è scelto un approccio largamente utilizzato in altre discipline, noto come Inquiry Based Science Education (IBSE).

In stretta collaborazione con i docenti curriculari, veri protagonisti e obiettivi principali della presente ricerca, sono stati sperimentati due distinti percorsi didattici, aventi come oggetto il legame chimico intra e intermolecolare e la delocalizzazione elettronica, traendo spunti da campi di ricerca inerenti le nanotecnologie e la chimica supramolecolare. La sperimentazione, condotta in due fasi successive, ha interessato in totale 14 classi e quasi 300 studenti. Complessivamente è stato verificato che, a seguito del percorso, gli studenti hanno raggiunto apprezzabili livelli di conoscenza e competenza riguardo gli argomenti trattati, anche migliori rispetto ai risultati riportati in studi precedenti. Una analisi mirata alla caratterizzazione della composizione delle diverse strategie di risposta, ha inoltre dimostrato un sensibile miglioramento nelle capacità critiche degli studenti. Allo stesso tempo, un numero significativo di studenti ha sviluppato una maggiore attenzione e interesse nei confronti della ricerca scientifica in campo chimico, dimostrando anche di aver colto il ruolo dei concetti di base nelle applicazioni

tecnologiche. Come conseguenza, i docenti curriculari hanno espresso valutazioni positive per quanto riguarda la metodologia adottata e i risultati di apprendimento conseguiti, pur manifestando evidenti esigenze di formazione, derivanti, come ampiamente documentato in letteratura, dalla presenza degli stessi ostacoli cognitivi riconoscibili negli studenti.

Globalmente si può affermare di aver verificato che l'approccio didattico di tipo IBSE sia efficace anche nell'insegnamento della chimica nella scuola secondaria superiore, e che la sua efficacia venga esaltata dalla realizzazione di un contesto didattico ispirato al modo di operare dei ricercatori chimici in ambienti scientifici, così anche contribuendo alla realizzazione di un legame più stretto fra i banchi di scuola e i laboratori di ricerca.

Questa tesi è organizzata nel modo seguente: nell'introduzione vengono sviluppate nelle loro linee essenziali le principali teorie dell'apprendimento, con particolare attenzione alle loro implicazioni nella didattica della chimica; nel capitolo due viene inquadrato il presente lavoro di ricerca nel contesto descritto e ne vengono chiariti gli obiettivi; nel capitolo tre viene descritta in dettaglio la metodologia IBSE adottata; nel capitolo quattro vengono descritti le modalità di progettazione dei percorsi didattici e i risultati ottenuti dalla loro sperimentazione; il capitolo cinque riporta le conclusioni raggiunte.

1. Introduzione

“Dal punto di vista del bambino, il grande spreco nella scuola deriva dalla sua incapacità di utilizzare l’esperienza ottenuta fuori, mentre d’altra parte non è in grado di applicare nella vita quotidiana, ciò che sta imparando a scuola. Questo è l’isolamento della scuola, il suo isolamento dalla vita” (John Dewey, 1916) (1).

Sebbene queste parole siano del secolo scorso, ancora oggi per molti studenti non c’è collegamento tra quello che apprendono (spesso in modo mnemonico) e la realtà che vivono. Gli insegnanti si ritrovano con studenti che si interrogano sull’utilità di ciò che stanno studiando. L’apprendimento dovrebbe essere un *processo di interazione con il mondo esterno*, in cui i contenuti e le conoscenze vengano costantemente rielaborati e reinterpretati in funzione delle loro relazioni con il mondo reale.

La didattica della chimica è influenzata da fattori legati alla presenza di concetti astratti che non riescono a essere identificati nella vita reale degli studenti, dalle difficoltà legate all’utilizzo dei concetti della chimica in contesti differenti, dal coinvolgimento passivo degli studenti nel processo di apprendimento e dalla metodologia didattica basata ancora in modo predominante sulla memorizzazione dei contenuti (2).

In generale, l’apprendimento è un processo mediante il quale si acquisiscono nuove conoscenze e su cui influiscono diversi aspetti:

1. Strategie cognitive personali, stili di apprendimento, esperienze individuali e collettive;
2. Fenomeni dell’ambiente circostante, informazioni e stimoli provenienti dalla realtà esterna;
3. Modelli, formalismi, teorie e dinamiche delle Autorità educative;
4. Mezzi di comunicazione e processi che regolano lo scambio delle informazioni.

Le teorie dell’apprendimento che si sono sviluppate negli ultimi anni, si differenziano in funzione dell’importanza che i diversi studiosi hanno attribuito ai fattori esterni e a quelli interni collegati con lo sviluppo cognitivo di un individuo: considerare prioritarie le esperienze esterne rispetto ai meccanismi interni o viceversa, significa formulare diversi obiettivi didattici e adottare metodologie distinte.

Tra le principali teorie dell’apprendimento si annoverano le **teorie comportamentiste**, le **cognitiviste** e le **costruttiviste**.

Per quanto riguarda il comportamentismo, esso non considera rilevanti, ai fini della conoscenza, i meccanismi interni all'individuo e concentra la propria attenzione solo sull'apprendimento; il cognitivismo, invece, spiega il cambiamento cognitivo in termini di modificazione delle strutture possedute dall'individuo ma non tiene presente i fattori esterni. Infine, il costruttivismo considera apprendimento e sviluppo come due aspetti complementari che interagiscono e, quindi, rifiuta sia l'idea del comportamentismo di identificare l'apprendimento con lo sviluppo, sia il concetto di Piaget dello sviluppo indipendente dall'apprendimento.

Il modello di insegnamento tradizionalmente adottato nelle scuole per quanto riguarda le materie scientifiche, prevede che le nozioni vengano trasmesse dal docente essenzialmente attraverso esposizioni orali, partendo dal presupposto che lo studente sia privo di qualsiasi conoscenza e che quindi sia pronto ad accogliere in modo passivo le informazioni che gli vengono trasmesse. Questa riflessione può spiegare perché gli studenti incontrino difficoltà di fronte a concetti scientifici, essendo già in possesso di un certo numero di conoscenze implicite (*idee pregresse*) che possono essere in contrasto con le corrette teorie scientifiche spesso meno intuitive e immediate e, quindi, sono uno scoglio spesso invisibile contro il quale si scontrano i tentativi dei docenti di fare apprendere agli studenti concetti scientifici. Affinché sia possibile l'apprendimento, le concezioni del mondo di un individuo devono rivelarsi inaffidabili, solo allora il soggetto cercherà altre possibili spiegazioni e interpretazioni.

In quest'ottica è stata dimostrata l'efficacia di metodologie didattiche in cui il docente ha abbandonato l'approccio frontale con gli studenti per adottarne uno che veda questi ultimi protagonisti del proprio percorso cognitivo. L'apprendimento nell'ambito scientifico inizia quindi con un evento capace di motivare direttamente lo studente: un problema da risolvere, un evento apparentemente irragionevole da spiegare. Gli studenti vengono coinvolti chiedendo loro di esprimere i loro dubbi e domande, e verificare la validità delle loro idee. In tal modo le capacità dello studente vengono sviluppate e il processo di apprendimento che li vede protagonisti avrà un successo maggiore rispetto al tradizionale approccio frontale. Questa necessaria relazione con l'esterno nel processo di apprendimento, è alla base del *costruttivismo sociale* di Vygotsky (3), il quale, attraverso il concetto di Zona di Sviluppo Prossimale, definisce un *ambiente di apprendimento* che comprende gli studenti, il materiale didattico e la comunicazione reciproca. Le idee di Vygotsky suggeriscono che gli ambienti di apprendimento dovrebbero comprendere

un'interazione guidata consentendo così agli studenti di riflettere sull'eventuale incoerenza delle loro idee pregresse e di modificare le loro concezioni non solo attraverso l'azione intelligente di Piaget, ma anche grazie al linguaggio e alla comunicazione. In quest'ottica, negli ultimi anni, è stato spesso utilizzato un approccio didattico per l'apprendimento delle discipline scientifiche, di tipo *context-based*, in cui gli studenti devono confrontarsi con esempi tratti dalla loro vita quotidiana e vengono guidati allo studio dei concetti della disciplina che sono alla base dell'esempio scelto. In questo modo, la disciplina assume una dimensione più concreta (4).

Le precedenti considerazioni vengono sintetizzate con l'adozione di metodologie di tipo Inquiry, raccomandate dalla Commissione Rocard, un gruppo di esperti istituito dalla Commissione Europea per la Ricerca, la Didattica e la Cultura (4), per analizzare i motivi che causano una diminuzione dell'interesse dei giovani europei nei confronti delle scienze e per suggerire delle good practices che possano correggere questa tendenza.

Sulla base di quanto detto per il presente lavoro di ricerca, è stato scelto di utilizzare l'approccio IBSE tramite il ciclo delle 5E.

Nei paragrafi successivi di questo capitolo, le idee fin qui delineate e riassunte, vengono discusse più in dettaglio, anche allo scopo di identificarne chiaramente le radici e le motivazioni.

1.1 Epistemologia: Teorie dell'apprendimento

1.1.1 Comportamentismo

Il comportamentismo considera la mente come un contenitore vuoto, una *tabula rasa* che deve essere riempita con informazioni che, fra l'altro, provengono anche dall'esperienza (5). Secondo Cohen (6), l'idea centrale del comportamentismo è che “*i pensieri, i sentimenti e le intenzioni, che sono tutti processi mentali, non determinano ciò che facciamo. Il nostro comportamento è frutto del nostro condizionamento. Noi siamo macchine biologiche e non agiamo in modo cosciente, ma reagiamo agli stimoli*”. Tra i principali esponenti del comportamentismo, è utile ricordare Pavlov (scuola riflessologica russa) e Skinner (behaviorismo americano). Entrambi questi studiosi hanno effettuato degli esperimenti utilizzando animali, che imparavano a produrre una determinata risposta in presenza di uno stimolo; negli esperimenti di Pavlov, i cani imparavano a produrre una

risposta attesa (aumento della salivazione) in risposta ad uno stimolo nuovo (il suono di un campanello), mentre negli esperimenti di Skinner, gli animali imparano a produrre risposte nuove in presenza di determinati stimoli, per esempio un ratto assetato nella gabbia di Skinner impara a premere una leva per ottenere l'acqua. In entrambi i casi, l'apprendimento viene identificato come una semplice acquisizione di abitudini, che avviene per tentativi ed errori, fino a raggiungere la risposta corretta, senza nessun intermedio cerebrale. Elemento fondamentale del processo di apprendimento è l'associazione tra rinforzo positivo (ossia il premio) e comportamento adeguato, che consente l'acquisizione di abitudini e che viene studiato analizzando le connessioni esistenti tra stimolo e risposta.

In sintesi, secondo il comportamentismo c'è apprendimento quando si stabilisce una connessione prevedibile tra un segnale nell'ambiente (lo stimolo), un comportamento (la risposta) e una conseguenza (rinforzo). L'esperienza e la pratica rendono il legame più forte e il tempo che intercorre tra il segnale e il comportamento si riduce sempre più. Il comportamento di colui che apprende risulta così essere un adattamento alle contingenze degli eventi e degli obiettivi; ogni persona ha una propria "storia di rinforzi", la somma di tutte le esperienze passate con tutte le connessioni tra segnali, comportamenti e conseguenze.

Il modello d'insegnamento che deriva dal comportamentismo, ha come obiettivo la realizzazione di cambiamenti nei comportamenti e non si occupa né dei cambiamenti delle conoscenze già acquisite dagli allievi né dei processi con cui si ottengono le risposte. Nella versione più estrema, secondo il comportamentismo, la mente non produce idee ma risponde a opportuni condizionamenti e, quindi, all'insegnante spetta il ruolo di determinare le abilità/capacità che portano al comportamento desiderato e assicurarsi che gli studenti se ne impossessino in modo graduale. Il ruolo principale dell'insegnante è di predisporre i condizionamenti e gli stimoli che consentono agli studenti di modificare i propri comportamenti (7); il docente si presenta quindi come formatore attivo di studenti passivi e fissa gli obiettivi comportamentali in base alla propria volontà e alle proprie opinioni riguardanti il processo.

Tale modello ha ampiamente mostrato i suoi limiti, soprattutto per ciò che riguarda le discipline scientifiche, sebbene l'insegnamento comprenda ancora molte pratiche che si richiamano a questo modello.

La debolezza del metodo risiede nel fatto che lo studente può trovarsi in una situazione in cui lo "stimolo" che dovrebbe portare all'adozione di comportamenti desiderati, viene a

manca e, di conseguenza, l'apprendimento non avviene. Tuttavia, un approccio di questo tipo può essere utile nei momenti informativi, in quanto richiede un basso livello di processamento delle informazioni.

Un ulteriore limite del comportamentismo è quello di generalizzare le teorie ricavate dall'osservazione di esperimenti a basso livello di apprendimento, basati principalmente sui riflessi, applicandole a funzioni di più alto livello, nelle quali vengono chiamati in causa altri processi più complessi.

Nell'approccio comportamentista sono assenti due aspetti importanti:

1. Un interesse verso il meccanismo utilizzato dall'individuo per apprendere il processo complesso. Studi successivi, infatti, hanno dimostrato che un processo complesso non può essere appreso semplicemente scomponendolo in elementi e insegnando i sotto processi senza considerare il contesto all'interno del quale il processo avviene;
2. Un interesse verso la tematica da apprendere. Infatti, se il processo da apprendere è in conflitto con la conoscenza già posseduta dall'individuo, quest'ultimo può risolvere la contraddizione rifiutando la nuova conoscenza o costruendo strutture conoscitive parallele a quelle possedute e in conflitto con esse.

Il comportamentismo, quindi, si presenta come una sorta di "addestramento" piuttosto che come un processo di apprendimento, in cui viene escluso qualsiasi "evento mentale", in quanto, secondo i comportamentisti, questi eventi sono impossibili da osservare e misurare e, quindi, non possono essere usati oggettivamente.

Oggi sappiamo che non è possibile, fortunatamente, modellare, formare e condizionare in tal modo l'apprendimento e che la frase perentoria di Skinner "datemi un bambino sano e ne farò quello che volete" non ha riscontro nella realtà e già a partire degli anni '60, molti psicologi non concordavano in merito all'approccio "privo di pensiero" dei comportamentisti. La visione dei behavioristi, ad esempio, non riusciva a spiegare perché le persone tendono a organizzare le informazioni in loro possesso o a modificarle. Per tale ragione, iniziarono a comparire lavori in cui si affermava che i processi mentali e cognitivi non potevano essere ignorati e a partire dagli anni '70 la maggior parte delle teorie dell'apprendimento si convertì a un'ottica cognitivista.

1.1.2 Cognitivismo

La mente, intesa non come magazzino nel quale si accumulano conoscenze e abilità, ma come una struttura elaborata e connessa, viene portata in primo piano dalle teorie che superarono il comportamentismo; i cognitivisti ritenevano di poter studiare le risposte date dagli individui ai diversi stimoli per trarre informazioni in merito ai processi intellettivi; per tale ragione, venivano attentamente analizzati i cambiamenti del comportamento come indicatori di quello che si stava verificando nella mente del discente.

I sistemi di istruzione e di insegnamento che si fondano sul cognitivismo si focalizzano sulla trasmissione di modelli mentali che dovranno essere seguiti e sullo sviluppo nel discente di tre differenti abilità cognitive:

- Strategie per la risoluzione di problemi;
- Strategie per gestire il proprio sapere a livello cognitivo (determinare gli obiettivi, pianificare, monitorare, valutare);
- Strategie di apprendimento (capacità di esplorare campi nuovi e di aumentare le proprie conoscenze o modificare quelle già esistenti).

L'insegnante, offrendo spunti, feedback e promemoria, provvede all'impalcatura su cui lo studente costruirà la sua conoscenza in modo sequenziale, con una successione di compiti sempre più complessi. L'apprendimento, quindi, viene realizzato tramite la costruzione di nuove conoscenze e competenze e/o nell'affinamento delle conoscenze e competenze già esistenti. Inoltre, si tiene conto che le conoscenze effettivamente costruite o modificate, sono influenzate in modo significativo da quelle già possedute. In questo modello, il ruolo principale dell'insegnante non è quello di trasmettere conoscenze, quanto quello di creare le condizioni che possano facilitare il processo di costruzione delle conoscenze.

Uno dei principali esponenti di questa corrente, è Jean Piaget, che è considerato uno dei più influenti teorici della psicologia dello sviluppo del XX secolo e il primo esponente della corrente cognitivista che prenderà il nome di *costruttivismo* (che verrà trattata in seguito). Piaget riprende l'idea di Skinner sulla capacità di un individuo di cambiare in funzione di uno stimolo, ma identifica il cambiamento come un processo di *adattamento* continuo, grazie al quale si verifica il processo di apprendimento. L'adattamento è composto da due differenti processi: l'*assimilazione* e l'*accomodamento*. Nel processo di assimilazione, l'individuo acquisisce nuove informazioni e le inserisce all'interno della sua struttura cognitiva o elabora una risposta all'ambiente utilizzando schemi e comportamenti

appresi in precedenza. Nel processo di accomodamento, l'individuo modifica i suoi schemi cognitivi per inserire le nuove informazioni oppure elabora delle risposte nuove agli stimoli ambientali in quanto le sue conoscenze non sono adeguate per la comprensione di nuovi stimoli. Di conseguenza, nell'assimilazione si instaura un equilibrio che non porta l'individuo a modificare le proprie idee, mentre nel caso dell'accomodamento si realizza una situazione di disequilibrio, in quanto la nuova esperienza è in contrasto con gli schemi cognitivi preesistenti.

Lo sviluppo cognitivo descritto da Piaget, è la successione di molti stadi di assimilazione e accomodamento (8) che porta alla costruzione e organizzazione di *schemi* sempre più complessi e integrati fino ad arrivare a produrre la mente adulta.

Uno *schema* è definito da Piaget come una rappresentazione mentale di un definito insieme di percezioni, idee e/o azioni. In altri termini, gli schemi sono le componenti di una più generale struttura di conoscenza che consentono di correlare la conoscenza dell'individuo con il mondo (9), ovvero sistemi organizzati di azioni o pensieri che ci permettono di rappresentare o pensare agli oggetti e agli eventi (10).

Secondo Piaget, la costruzione di uno *schema* mentale, avviene tramite una successione di tappe ben definite, descritte nella *teoria degli stadi di sviluppo* (11), in cui Piaget descrive il modo in cui la mente di un bambino si sviluppa, in netto contrasto con le idee di Skinner, secondo il quale l'attività cognitiva di un bambino è identica a quella di un adulto.

In pratica, secondo Piaget, affinché gli individui possano sopravvivere, è necessario un processo di adattamento tra l'ambiente e la sua rappresentazione nella mente dell'individuo (gli schemi). Il processo di costruzione di nuove conoscenze, coincide con il processo di modifica degli schemi preesistenti diventati inadeguati e l'apprendimento porta ad un adattamento, con cui si costruisce un nuovo equilibrio tra la rappresentazione mentale e la realtà esterna (12). Si nota quindi in Piaget un'attenzione al soggetto che apprende totalmente assente nel comportamentismo e che porta a considerare i vissuti della persona come determinanti del successo o dell'insuccesso dei processi educativi.

Negli studi di Piaget, compare per la prima volta il concetto di *idee pregresse* (anche se lo studioso non utilizza questo termine), in quanto egli spiega che lo sviluppo della conoscenza avviene proprio grazie ai disequilibri che si vengono a formare tra l'ambiente esterno e lo schema mentale dell'individuo, in quanto solo in questo modo il soggetto che apprende può avviare un processo di equilibrizzazione, che “conduce da uno stato vicino

all'equilibrio ad uno stato di equilibrio qualitativamente differente mediante molteplici disequilibri e riequilibri" (13).

La teoria di Piaget presenta diversi punti deboli, quale ad esempio la convinzione che lo sviluppo preceda l'apprendimento (sottovalutando così il ruolo dell'interazione sociale e del linguaggio nel processo di sviluppo) e il non considerare le differenze che esistono tra individui diversi per sesso, intelligenza e altri fattori che ne possono influenzare l'abilità di progredire da un punto di vista intellettuale. Inoltre, la limitazione alla variabilità indotta dall'esterno stabilita da Piaget, rende vani i dibattiti sui diversi metodi didattici. Non ha senso, infatti, discutere sulle migliori metodologie per favorire l'apprendimento quando quest'ultimo deve adattarsi ad un percorso naturale già segnato in ciascun individuo (14).

Il lavoro di Piaget può essere definito come una prima versione del costruttivismo, in quanto lo studioso indica che la conoscenza viene costruita attivamente da chi apprende e non può essere trasmessa da chi insegna (*costruttivismo personale*). L'isolamento nel quale si trova il bambino piagetiano, in grado di seguire un percorso di apprendimento in modo autonomo e incentrato sui processi intrapsicologici, si ritrova anche nel costruttivismo personale, in cui non viene considerato il processo di interazione con gli altri. Tuttavia, in questo modo viene a mancare il dialogo, in quanto ciascuno di noi elabora una propria idea della realtà che è diversa da quella degli altri individui, che hanno vissuto esperienze diverse ed effettuato ragionamenti differenti; questa considerazione viene presentata da Jonassen (9) come uno degli equivoci del costruttivismo, che porterebbe a far pensare ad esso come ad una sorta di anarchia intellettuale. L'ostacolo però viene superato facilmente se si considera che esiste un mondo soggetto a leggi fisiche percepite circa allo stesso modo dalle persone e inoltre, elemento importante tipico del costruttivismo sociale, la realtà viene condivisa tra i soggetti grazie a processi di negoziazione che portano le persone a confrontarsi tra di loro e con la cultura di riferimento in cui si trovano. Il fattore sociale è fondamentale per l'acquisizione di conoscenza da parte dell'individuo che solamente grazie al continuo rapporto con gli altri può crescere e riuscire a conseguire quelle capacità e quelle nozioni basilari per operare in modo efficace nella società di cui fa parte.

L'inserimento del fattore sociale all'interno del processo di apprendimento è alla base degli studi di Bruner e Vygotsky, che, come Piaget, possono essere considerati i primi esponenti della corrente del costruttivismo, che ebbe il suo massimo sviluppo a partire dagli anni '80. Oggi sono presenti correnti differenti (riguardanti l'istruzione, la società, le

scienze e la tecnologia) che hanno portato implicazioni diverse nella pratica didattica. Briggs (15) ha tentato di classificare le diverse correnti e ha identificato un Costruttivismo Cognitivo che si riferisce a ciò che avviene nella mente dell'individuo, in contrasto con il Costruttivismo Socio-culturale di Bruner (16) e con quello Storico-culturale di Vygotsky (3) che sono più indirizzati verso i contesti e le modalità con cui avviene il processo di conoscenza.

1.1.3 Costruttivismo

Il costruttivismo identifica la conoscenza come un'entità che viene costruita interamente dal soggetto che apprende, attraverso un processo di apprendimento inserito nel contesto culturale in cui si trova; è evidente la distanza dal Comportamentismo, che considera la conoscenza come una risposta passiva agli stimoli esterni, ma anche dal Cognitivismo, secondo cui la conoscenza è una rappresentazione simbolica elaborata dalla mente dell'individuo.

Lo psicologo statunitense Jerome Bruner, sviluppa un pensiero in cui la cultura assume un ruolo fondamentale per lo sviluppo dell'individuo. Per Bruner, qualsiasi atto di conoscenza nasce dalla mente che crea la cultura, ma anche la cultura contribuisce a creare a sua volta la mente. In pratica, non ci si può preoccupare solo di come insegnare, ma si deve stabilire anche cosa insegnare e questa decisione dipende dalla cultura di riferimento. Un altro aspetto fondamentale delle idee di Bruner (che deriva da Piaget), è la convinzione che l'individuo deve avere un ruolo attivo nel processo di apprendimento.

Vygotsky ha sviluppato una psicologia interamente culturale evidenziando il ruolo primario della comunicazione e della vita sociale nella formazione del significato e della conoscenza. Nella sua teoria evidenzia l'importanza dell'interazione tra il linguaggio, la società e il soggetto che apprende. Mentre per Piaget lo sviluppo e quindi l'apprendimento, sono da considerarsi una successione di strutture di conoscenza, ciascuna caratterizzata da un equilibrio interno, per Vygotsky l'apprendimento consiste invece nella trasformazione di processi psichici "naturalisti" in processi "superiori o culturali", passando da una dimensione biologica a una culturale. L'apprendimento, quindi, è visto più come una struttura cognitiva utilizzata per interpretare la natura che come un evento fisico. In questo approccio il contesto sociale in cui l'apprendimento ha luogo è cruciale.

Egli sviluppa il concetto di *Zona di Sviluppo Prossimale* (Zone of Proximal Development, ZPD), da lui definita come la “*distanza tra l'effettivo livello di sviluppo,*

determinato tramite la risoluzione autonoma di un problema, ed il livello potenziale di sviluppo, determinato attraverso la risoluzione di un problema sotto la guida di un adulto o di pari più capaci". In pratica, la ZPD separa ciò che un individuo può fare, grazie alle conoscenze in suo possesso, da ciò che non può imparare nemmeno con la presenza di un istruttore. Se un individuo si trova all'interno di questa zona, allora sarà in grado di svolgere un compito a lui assegnato con l'assistenza di un istruttore che fornisce un "supporto", individuato dall'insieme di materiali e strumenti predisposti per favorire l'apprendimento. In termini educativi, è possibile affermare che la ZPD sia la distanza tra le conoscenze iniziali dello studente e le conoscenze e competenze che lo stesso studente può sviluppare con la guida di un esperto.

In tutte teorie che si basano sul costruttivismo, l'apprendimento attivo è fondamentale e la costruzione di nuove conoscenze è sempre influenzata da quelle già possedute dall'individuo. La differenza principale tra Piaget e Vygostky, si basa sulla considerazione che il primo immagina l'apprendimento come un percorso individuale, mentre il secondo evidenzia la necessità delle relazioni tra l'individuo che apprende e altri individui, che influenzano e determinano l'apprendimento.

In sintesi, Comportamentismo, Cognitivismo e Costruttivismo, si distinguono in base al fatto che i comportamentisti identificano la conoscenza come una risposta passiva agli stimoli ambientali; per i cognitivisti, invece, la conoscenza è la costruzione di una rappresentazione simbolica astratta nella mente degli individui; per i costruttivisti la conoscenza è una entità complessa che viene costruita da ciascun individuo passando attraverso differenti processi di apprendimento. Per tale ragione, la conoscenza non può essere semplicemente trasmessa da un individuo ad un altro, ma deve essere creata da ogni persona in modo autonomo e in questo differisce dall'idea di conoscenza dei comportamentisti e dei cognitivisti, per i quali esiste una "conoscenza a priori". Questa considerazione è alla base anche del nome della corrente, che identifica il modo in cui il bambino costruisce i concetti e le forme logiche di pensiero che costituiscono la sua intelligenza, tramite l'interazione con l'ambiente.

L'idea di *ambiente* per i costruttivisti è molto differente da quella di Skinner (per il quale l'ambiente è qualcosa che accade allo studente), in quanto lo studente rileva nell'ambiente che lo circonda, alcuni aspetti che identifica come rilevanti e risponde in modo significativo a questa interazione assimilando tali aspetti in strutture mentali già esistenti o adattando queste strutture per rendere possibile l'assimilazione.

Un interessante e rivoluzionario sviluppo è stato pubblicato nel 1983 da Howard Gardner con il testo “Frames of mind” (17) (10). L’idea alla base della teoria di Gardner è che non esiste una sola intelligenza che possa essere misurata con il Quoziente Intellettivo (generalmente calcolato sulla base di due sole tipologie d’intelligenza, quella logico-matematica e quella linguistica). Secondo Gardner, esistono almeno altri sei tipi d’intelligenza: musicale (capacità di trasformare ed esprimere forme musicali e riconoscere con precisione la qualità di timbri, suoni e ritmi); spaziale (abilità di percepire e rappresentare oggetti visivi anche in assenza dell’oggetto stesso); cinestetica e corporea (abilità nell’usare il proprio corpo per esprimere idee. Tipiche caratteristiche fisiche sono la forza, la flessibilità e la velocità); interpersonale (capacità di comprendere le altre persone e di motivarle, abilità di percepire ed interpretare gli stati d’animo, le motivazioni e i sentimenti altrui); intrapersonale (capacità di comprendere se stessi, studiando cosa si vuole raggiungere e cosa può avere maggiore successo nella vita. Capacità di riconoscere le proprie emozioni e incanalarle in forme socialmente accettabili); naturalistica (capacità di riconoscere e classificare i diversi oggetti della natura). Secondo Gardner, alcuni individui possono sviluppare tutte le intelligenze in modo completo, mentre altri hanno una particolare predisposizione per qualcuna di esse.

La teoria delle intelligenze multiple ha molte implicazioni sul sistema d’insegnamento, in quanto, secondo Gardner, gli studenti non imparano allo stesso modo ed è quindi fondamentale mettere a disposizione diversi metodi per studiare ed imparare. Per tale ragione, è importante l’utilizzo delle nuove tecnologie, che possono “individualizzare la didattica”.

La teoria delle intelligenze multiple introduce l’idea di un approccio individualista della formazione, in cui ogni studente deve essere messo nella condizione di poter imparare sfruttando al meglio quelle che sono le sue intelligenze migliori. Infatti, “non esistono due persone che abbiano esattamente la stessa combinazione di intelligenze. Qualcuno è più forte nell’intelligenza linguistica, qualcuno in quella spaziale. Anche il modo in cui combiniamo le intelligenze o non le combiniamo è differente fra le persone, e qui entrano in gioco le implicazioni didattiche. Perché o noi possiamo trattare tutti come se fossero uguali, il che semplicemente indirizza un tipo d’intelligenza, o possiamo cercare di capire le intelligenze dei bambini e personalizzare e individualizzare l’educazione il più possibile. Il mio pensiero è che anche se si vuole che ognuno impari lo stesso materiale, si

può insegnarlo in molti modi e si può anche stimare o valutare in molti modi ciò che lo studente sta imparando” (18).

La differenza con le precedenti teorie è evidente: per Gardner la formazione deve essere individualizzata, per sfruttare al meglio le potenzialità intellettive di ciascun individuo, e non più uguale per tutti come ancora oggi avviene nelle aule scolastiche. Per raggiungere questo obiettivo, Gardner suggerisce l'utilizzo delle nuove tecnologie, in quanto la presenza all'interno delle classi di un computer per ciascuno studente, consentirebbe all'insegnante di differenziare la formazione.

1.1.4 Concezioni alternative e ostacoli d'apprendimento

Come già sottolineato, uno dei principali elementi su cui si basa il modello costruttivista, è l'idea di cambiamento concettuale. Nell'ambito della didattica della chimica, la ricerca sul cambiamento concettuale, si è basata soprattutto sull'individuazione delle *concezioni alternative* o *misconcezioni* che determinano una difficoltà nel processo di apprendimento e sulla successiva individuazione di strategie didattiche che possano favorire il cambiamento concettuale (19).

Il termine *misconcezione* è stato, fino a poco tempo fa, utilizzato per indicare conoscenze pregresse degli allievi che venivano considerate errate dal docente. Tali conoscenze sono spesso difficili da modificare e sono il risultato di vari fattori: possono provenire da studi precedenti e anche dall'interazione dello studente con la vita quotidiana. Negli ultimi anni, il significato del termine si è modificato, in quanto queste conoscenze non vengono più definite come qualcosa di “negativo” che deve essere sostituito ma, in un'ottica costruttivista, vengono considerate come l'espressione di un modo di pensare dello studente che può evolversi e modificarsi con il supporto dell'insegnante. Si è quindi giunti alla conclusione che il docente dovrebbe tener conto di queste conoscenze alternative, progettando una strategia didattica che scaturisca da queste. Per tale ragione, oggi in letteratura si preferisce sostituire il termine “misconcezione” con termini differenti quali “concezioni alternative” o “conoscenze spontanee”.

Un ulteriore ostacolo al cambiamento concettuale previsto dal modello costruttivista, è dato da quelli che vengono definiti “*ostacoli epistemologici*” (20) e derivano da difficoltà intrinseche della disciplina, come verrà meglio evidenziato in seguito.

1.2 Aspetti specifici nella didattica della chimica

All'interno del quadro generale precedentemente delineato, l'insegnamento della chimica presenta caratteristiche specifiche che occorre tenere in considerazione nello sviluppo di strategie didattiche efficaci. Infatti, questa disciplina presenta alcune difficoltà intrinseche di cui spesso gli insegnanti non sono pienamente consapevoli ma che ostacolano seriamente il processo di apprendimento. La ricerca in didattica della chimica, ha identificato fra i principali ostacoli all'apprendimento la presenza di misconcezioni che permangono anche al termine di corsi di chimica universitari (19). Inoltre, un docente di chimica deve confrontarsi con la natura astratta di molti concetti base della disciplina; infatti, la materia può essere osservata e studiata a livello macroscopico, ma la spiegazione della maggior parte dei fenomeni osservati, può essere ottenuta solo considerando il livello microscopico che non è tangibile. I chimici rappresentano sia il livello macroscopico sia quello microscopico utilizzando un linguaggio simbolico che comprende formule, simboli ed equazioni chimiche. Johnstone (21) ha rappresentato i tre differenti livelli della chimica, utilizzando l'immagine riportata in figura 1, e ha attribuito la complessità intrinseca della disciplina al fatto che i concetti della chimica incorporano in proporzioni diverse tutti e tre i livelli. Parlare di chimica implica mescolare necessariamente tutti e tre i livelli di rappresentazione e il non distinguerli chiaramente può generare contraddizioni e ambiguità.

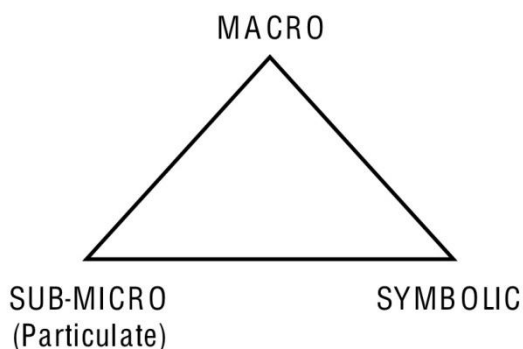


Figura 1. I tre livelli concettuali della chimica

L'astrattezza di molti concetti della chimica comporta un maggiore utilizzo del livello simbolico rispetto agli altri due, come è evidente sfogliando un qualsiasi libro di testo. La

comprensione del livello microscopico della chimica implica l'utilizzo di modelli e analogie, spesso associati a simboli. L'uso di queste rappresentazioni può contribuire a introdurre ulteriori elementi di ambiguità per gli studenti, che interpretano i simboli in modi differenti. Ad esempio un simbolo chimico può rappresentare allo stesso modo, un atomo dell'elemento o la sostanza (il simbolo Fe può identificare un atomo di Ferro ma anche la sostanza ferro in senso macroscopico). Inoltre, i docenti spesso si muovono da un piano all'altro senza renderlo evidente e questo porta gli alunni a non riconoscere le relazioni esistenti fra i diversi livelli e, di conseguenza, ad avere una visione frammentata della disciplina.

Un ulteriore ostacolo all'apprendimento della chimica, è costituito dalla necessità di usare un linguaggio specialistico anche per identificare sostanze di uso comune.

Per comprendere come superare gli ostacoli, è utile considerare il modo in cui gli studenti imparano la chimica, che Johnstone spiega mediante un modello di elaborazione delle informazioni (22). Secondo questo modello, le nuove informazioni percepite dai cinque sensi, vengono fissate nella memoria a breve termine, che ha una capienza limitata, per poi essere perse o trasferite nella memoria a lungo termine. Perché si realizzi l'apprendimento, le informazioni che passano nella memoria a lungo termine, devono collegarsi a quelle già presenti. Quando ciò non avviene, le informazioni vengono rifiutate o rimangono isolate.

Le informazioni già possedute dagli studenti e presenti nella memoria a lungo termine, possono essere identificate come *idee pregresse*, cioè come delle costruzioni mentali che vengono create dagli individui per interpretare i fenomeni naturali. La necessità degli individui di spiegare ciò che li circonda, si manifesta già in età prescolare, per cui i bambini arrivano alla scuola elementare con un loro bagaglio di idee pregresse che spesso sono errate e che devono essere considerate e affrontate in modo corretto per evitare che il processo di apprendimento possa risentirne. La ricerca in merito alle idee pregresse possedute dagli studenti prima che essi affrontino un corso di chimica, mostra che esse sono estremamente variegate (23) e, in alcuni casi, abbastanza radicate e resistenti ai cambiamenti tanto da ostacolare il processo di apprendimento. Gli studenti differenziano ciò che imparano a scuola dalle conoscenze già in loro possesso e continuano ad utilizzare le vecchie idee nella vita di tutti i giorni e le nuove informazioni in ambito scolastico. Tuttavia, le informazioni memorizzate separatamente e senza alcun collegamento con quelle già esistenti, vengono dimenticate rapidamente, in quanto non sono trasferite nella

memoria a lungo termine. Si può anche verificare che lo studente riesca a creare un collegamento tra la nuova informazione e le sue idee pregresse, ma interpreta ciò che ha ascoltato in modo differente dalle intenzioni del docente e, quindi, crea collegamenti non corretti.

Di conseguenza, la ricerca didattica in chimica degli ultimi anni, ha focalizzato la sua attenzione sull'identificazione e l'analisi di queste idee pregresse, che spesso vengono indicate come *concezioni* o *strutture alternative*; nel primo caso si identificano le singole idee, mentre nel secondo si prende in esame una struttura più o meno complessa di idee collegate tra di loro. Comunque, è fondamentale considerare che gli studenti posseggono queste idee pregresse che interferiscono con l'apprendimento e che devono essere identificate ed analizzate.

Le concezioni alternative sono presenti in tutte le aree scientifiche; per ciò che riguarda la chimica, esistono molti studi in cui sono state identificate e classificate le principali misconcezioni (24) (23) (25) (26) (27) e in alcuni casi, vengono anche forniti suggerimenti per ridurre la presenza. In particolare, esistono studi in merito alle misconcezioni per ciò che riguarda la natura particellare della materia, i cambiamenti di stato, la differenza tra composto, elemento e miscuglio, le reazioni chimiche, la stechiometria, gli acidi e le basi, il legame chimico, la termodinamica e gli equilibri. Un'analisi più approfondita delle misconcezioni riguardanti il concetto di legame chimico, verrà presentata in seguito in quanto di specifico interesse per il presente lavoro di tesi.

Anche in ambito chimico, ovviamente, efficaci strategie didattiche che tengano conto degli aspetti specifici della disciplina appena descritti, devono comunque realizzarsi in maniera coerente agli sviluppi delle moderne teorie dell'apprendimento. Soprattutto negli ultimi anni, ciò si è concretizzato nella realizzazione di un idoneo ambiente di apprendimento. Per questo motivo, nel prossimo paragrafo, sono riassunte le principali caratteristiche necessarie a questo scopo.

1.3 Ambiente di apprendimento autentico

Il *conflitto cognitivo* introdotto da Piaget, è considerato uno dei principali strumenti per un apprendimento efficace. Le strategie didattiche che utilizzano il conflitto cognitivo, hanno come obiettivo il rendere consapevoli gli studenti dell'inadeguatezza delle conoscenze in loro possesso, così rendendoli disponibili a riconsiderare i loro punti di

vista. I modelli che sono stati elaborati tenendo conto del conflitto cognitivo sono diversi (28) (29) (30) e tutti suddividono l'insegnamento in diverse fasi: individuazione delle concezioni alternative, attivazione del conflitto cognitivo, risoluzione del conflitto, consolidamento delle idee modificate. L'applicazione del conflitto cognitivo si è rivelata efficace in alcuni studi ma diversi autori (31) (28) (32) non la ritengono sufficiente per attivare il cambiamento concettuale. In questi studi viene messo in evidenza che a volte ciò che per l'insegnante è una situazione di conflitto cognitivo, non lo è per lo studente; inoltre, la maggior parte delle metodologie di analisi, prevede una raccolta dei dati che tende a valutare l'efficacia globale dell'intervento didattico, senza soffermarsi sugli effetti di un singolo conflitto. Come precedentemente osservato, il processo in cui si realizza il conflitto cognitivo, deve inserirsi in un efficace ambiente di apprendimento.

Il concetto di *ambiente di apprendimento*, si sviluppa all'interno dell'epistemologia costruttivista e denota un contesto di insegnamento e di apprendimento differente rispetto alle teorie e alle pratiche che caratterizzano la didattica tradizionale, in cui l'insegnante svolge il suo compito sulla base di un programma ben strutturato e dove gli studenti seguono una lezione, la memorizzano e successivamente rispondono a delle domande che diventano strumento di valutazione.

Nella vita quotidiana, ogni individuo vive in un "ambiente", differente da quello degli altri individui, che deve essere esplorato in tutti i suoi molteplici aspetti, per essere compreso. Per tale ragione, l'individuo analizza il mondo che lo circonda, si inserisce in relazioni già stabilite o ne attiva di nuove, così da entrare a far parte in modo efficace dell'ambiente stesso e di soddisfare i propri bisogni.

In didattica con il termine "ambiente" si intende definire un contesto in cui l'apprendimento diventa attivo, supportato e costruito. Per realizzare un apprendimento con queste caratteristiche, è fondamentale che l'ambiente sia ricco di risorse e che a ciascun individuo venga data la possibilità di esplorare il contesto in cui si sta svolgendo l'apprendimento senza i vincoli di una strutturazione didattica rigida; in questo modo si realizza un processo centrato su chi apprende (*learner-centered*). Quindi, un ambiente di apprendimento, è composto dal soggetto che apprende e dal luogo in cui si verifica il processo; il soggetto, per apprendere correttamente, usa strumenti, raccoglie e interpreta informazioni e interagisce con altre persone (33). Negli ultimi anni, sono stati introdotti molti ambienti di apprendimento, che si basano su un principio comune: l'apprendimento non è un processo trasmissivo, ma un insieme di pratiche prestabilite, attive, coscienti e

costruttive (34). Un ambiente di apprendimento è molto differente dal classico “corso” (tipico della didattica tradizionale), in cui i materiali a disposizione dello studente sono limitati e spesso consistono nel solo libro di testo. Inoltre, i corsi sono dei percorsi vincolati, i cui contenuti sono definiti dalla programmazione didattica e per tale ragione, l'apprendimento che avviene al loro interno, è principalmente basato sui contenuti, cioè *content-centered*. Un ambiente di apprendimento è un sistema dinamico, in cui le persone che apprendono sono impegnate in molte attività e il docente svolge un ruolo di facilitatore e "coach" (35). In questo contesto, l'apprendimento viene stimolato e sostenuto ma non diretto in maniera prescrittiva e non soggetto a regole fisse, per cui è importante che un ambiente di apprendimento non venga completamente definito ma permetta allo studente di godere di una certa libertà di scelta; un ambiente di apprendimento libero da costrizioni è fondamentale per costruire e condividere conoscenza ma il rischio è che diventi anche caotico. Per tale ragione, è fondamentale il ruolo del docente, che sia in grado di progettare e gestire in modo adeguato l'ambiente di apprendimento e di controllare le dinamiche che si sviluppano.

Nella progettazione di un ambiente di apprendimento, il docente deve considerare che le situazioni e i problemi che incontriamo nella vita di tutti i giorni, sono abbastanza complessi e che al termine del loro percorso di studi gli studenti devono essere in grado di affrontarli. In un approccio comportamentista, la conoscenza viene trasmessa e immagazzinata, in modo necessariamente semplificato, suddividendola in piccole parti, così da essere memorizzata con più facilità. Inoltre, l'apprendimento che si realizza all'interno di un corso scolastico, è spesso di natura astratta e gli esempi fatti dal docente, hanno significato solo nel contesto scolastico. Tutto ciò comporta la perdita dei collegamenti tra le singole parti e per lo studente diventa complicato applicare i concetti memorizzati in un contesto differente da quello scolastico. Per tale ragione, è fondamentale che l'approccio ai contenuti sia effettuato in modo da consentire un apprendimento della vera natura della disciplina e non la sua versione semplificata in ambito scolastico. Uno strumento efficace, è l'inserimento nelle attività scolastiche, di una serie di *esperienze autentiche*, dove il termine indica delle esperienze simili a quelle che coinvolgono i professionisti, in modo che gli studenti possano affrontare problemi reali e non solo scolastici.

Il termine *autentico* è oggi diffusamente utilizzato in didattica ed è spesso associato a qualcosa di reale e presente nella vita quotidiana. In realtà, una definizione più completa di

tale termine, prevede l'identificazione di cosa è considerato autentico, ma anche di come e perché un'attività si definisca autentica. Per rispondere a queste domande, è possibile effettuare un'analisi degli studi esistenti in letteratura (36), classificando i molti lavori in cui si discute di autenticità, sulla base di alcuni fattori da considerare per rendere autentico l'insegnamento e/o l'apprendimento.

Il primo di questi fattori è il contesto in cui viene utilizzato il termine "autentico", che può essere collegato con la vita quotidiana degli studenti o con un settore lavorativo (37), cioè gli studenti possono analizzare problemi tratti dal mondo reale utilizzando metodi analoghi a quelli degli scienziati (38).

In altri studi (39) (40), il termine viene utilizzato con riferimento alla valutazione o all'insegnamento (all'interno del quale si devono considerare i contesti, i materiali e le attività) che può avere luogo in modo formale o informale. Una didattica di tipo informale, prevede attività che gli studenti conducono in luoghi quali musei o centri di ricerca e sono ispirate al lavoro dei ricercatori (spesso come tirocini nei quali l'apprendimento avviene grazie alla partecipazione attiva degli studenti alla comunità dei lavoratori). Nel caso della didattica formale, l'insegnamento autentico viene realizzato tramite metodologie di tipo Inquiry ma anche utilizzando attività basate sul linguaggio e/o studi di caso tratti dalla storia delle scienze o dalla ricerca contemporanea.

Infine, in alcuni lavori, vengono considerati i possibili obiettivi di apprendimento che possono riguardare un apprendimento delle scienze (*content knowledge*) o un apprendimento in merito alle scienze (che include aspetti collegati con storia, filosofia e sociologia delle scienze).

Dall'analisi della bibliografia esistente, è possibile giungere alla conclusione che l'insegnamento delle scienze in modo autentico, può essere realizzato descrivendo come lavorano gli scienziati (36), con l'obiettivo di comprendere come opera la scienza (*how science works*).

Per ciò che riguarda la chimica, è evidente che si può solo tendere verso l'autenticità, nel suo significato rigorosamente scientifico, ma non si può raggiungerla, in quanto ogni sua descrizione è soggetta a cambiamenti dovuti alla continua evoluzione di questa disciplina. La definizione approssimata di chimica autentica (ovvero la descrizione di come opera la chimica come scienza e il chimico come scienziato), può essere esemplificata considerando che la chimica implica non solo conoscenza in merito al mondo naturale ma anche, mediante nuove applicazioni delle tecniche sintetiche, l'ampliamento delle

conoscenze. Inoltre, i chimici lavorano all'interno di una comunità di addetti ai lavori che stabilisce i processi e i prodotti della loro pratica e, in aggiunta, la comunità di chimici è inserita all'interno di un gruppo più ampio di scienziati, in un contesto storico, sociale e culturale che influenza la scienza e la comunità degli scienziati, e ne è a sua volta influenzata. L'insegnamento autentico della chimica, basato su queste considerazioni, può essere realizzato nella scuola per valorizzare l'apprendimento della materia e aiutare gli studenti ad acquisire un'adeguata scientific literacy.

Su queste basi, una definizione di autenticità, riferita ad un insegnamento autentico della chimica, collega questo termine con la sua valenza professionale; inoltre, l'autenticità è basata sulla individuazione di alcune pratiche scientifiche che sono identificate come processi in cui il chimico è coinvolto sia individualmente che all'interno della comunità di chimici. L'obiettivo di queste pratiche scientifiche è generare conoscenza in merito al mondo naturale (intesa come idealizzazione ma anche come ampliamento), ricordando che la chimica autentica può essere solo approssimata.

Per realizzare questo obiettivo, è necessario prendere in considerazione sia gli studenti e la loro idea in merito agli aspetti che identificano la chimica autentica, sia il ruolo del docente nella realizzazione di un insegnamento autentico della chimica. Spesso gli studenti non conoscono il lavoro compiuto da un chimico all'interno della sua comunità e lo immaginano come una persona che svolge il suo lavoro in modo solitario; inoltre, essi non conoscono la varietà dei metodi che possono essere utilizzati dagli scienziati e non riescono a identificare le corrette pratiche scientifiche fondamentali per il lavoro del chimico. Il docente di chimica che vuole realizzare un insegnamento autentico deve conoscere bene questi aspetti per attivare il cambiamento concettuale negli studenti.

Un recente studio condotto presso l'Università di Colonia in Germania all'interno del programma accademico di formazione degli insegnanti (36), si è concentrato sui futuri docenti di chimica realizzando uno specifico modulo del corso di didattica della chimica, con un duplice obiettivo: in primo luogo analizzare le loro idee pregresse e successivamente identificare gli strumenti fondamentali per consentire a questi insegnanti in formazione di utilizzare le loro conoscenze per realizzare un insegnamento autentico della chimica. Infatti, la conoscenza dei contenuti disciplinari (*content knowledge*) da parte di un docente di chimica, è una condizione necessaria ma non sufficiente per una didattica efficace (*pedagogical content knowledge*) (41) (42). Di conseguenza, le conoscenze disciplinari devono tradursi in attività didattiche opportunamente progettate.

Lo studio si è sviluppato in quattro fasi successive ed è stato condotto facendo lavorare gli studenti in gruppi, con l'obiettivo di riflettere in merito alla chimica e agli aspetti che la rendono autentica e di sviluppare idee in modo autonomo. Sulla base delle precedenti considerazioni sui fattori che rendono autentico l'insegnamento della chimica, è stata effettuata una classificazione delle idee possedute dagli insegnanti in formazione, che spesso si sono rivelate inadeguate e incomplete, ed è stato analizzato il cambiamento avvenuto al termine dello studio. Inoltre, è stato rilevato il modo in cui i soggetti hanno utilizzato le idee sviluppate durante il modulo, per realizzare proposte d'insegnamento autentico della chimica.

Nel complesso, lo studio rivela che gli insegnanti in formazione, posseggono delle idee spesso non complete e inadeguate in merito ai vari aspetti che devono essere presi in considerazione per realizzare un ambiente di apprendimento autentico; tali idee possono essere completate, ampliate e corrette utilizzando vari strumenti (discussione, elaborazione di un portfolio, realizzazione di mappe concettuali), tra i quali quello che si è rivelato più efficace è la discussione effettuata tra i partecipanti allo studio, grazie alla quale gli insegnanti in formazione hanno messo a confronto le proprie idee, attivando il cambiamento concettuale. Inoltre, è emerso che i futuri docenti di chimica devono imparare come pianificare attività di tipo scientifico all'interno delle classi e un possibile strumento è la loro partecipazione ad un'esperienza di tipo Inquiry, che può essere utilizzata come "modello" per altre forme di investigazione.

Ci si può attendere che gli aspetti emersi dallo studio siano rilevanti anche presso i nostri docenti di chimica che, seppure in servizio da tempo, non hanno avuto occasione o stimoli per riflettere sulle caratteristiche di un insegnamento autentico. Questo aspetto verrà ulteriormente approfondito nella parte sperimentale della tesi.

1.4 Inquiry Based Science Education (IBSE)

L'Inquiry-Based Science Education (IBSE), è una metodologia basata su un approccio di tipo induttivo (detto anche bottom-up) in cui viene lasciato più spazio all'osservazione e alla sperimentazione per la costruzione della conoscenza attraverso strategie che ricalcano quelle tipiche di una indagine scientifica.

Utilizzando la definizione data da Linn et al. (43), l'Inquiry è un processo ragionato di:

- Diagnosi di problemi;

- Analisi critica di situazioni;
- Distinzione tra varie possibili alternative;
- Pianificazione di attività di studio ed esplorazione;
- Formulazione di congetture;
- Ricerca di informazioni;
- Costruzione di modelli;
- Confronto in un contesto fra pari ed elaborazione di argomentazioni coerenti.

Per Inquiry, quindi, si intende un processo di *esplorazione attiva* in cui vengono messe in atto abilità critiche, logiche e creative per porre domande su situazioni di interesse specifico e impegnarsi a dare risposte a tali domande. Tale processo rappresenta una delle principali caratteristiche presenti nei National Science Education Standards (NSES) (44), pubblicati negli Stati Uniti alla fine del 1995 al termine di un lavoro organizzato dal National Research Council americano (NRS) al quale hanno partecipato gruppi di insegnanti, scienziati ed esperti in didattica. Tramite la pubblicazione degli NSES, il NRS si pone l'obiettivo di fornire una visione della didattica delle scienze grazie alla quale tutti i cittadini potranno avere una scientific literacy nel XXI secolo. Nei NSES, il termine Inquiry è usato in due modi differenti: si riferisce sia alle abilità che gli studenti devono sviluppare per essere in grado di progettare e condurre un'indagine di tipo scientifico, sia alle strategie d'insegnamento e apprendimento che consentono di padroneggiare i concetti scientifici. In questo modo, gli Standards hanno creato un collegamento tra l'apprendimento delle scienze, la conoscenza di come si fa scienza e l'apprendimento in merito alle scienze.

L'Inquiry è alla base dei NSES, che cercano di promuovere curriculum e modelli di istruzione e valutazione che costruiscono la conoscenza utilizzando la naturale curiosità degli individui. In questo modo, i docenti possono aiutare tutti gli studenti ad acquisire conoscenza scientifica e pensiero critico, entrambi importanti per la vita quotidiana.

Nelle aule scolastiche, l'Inquiry può essere realizzato in modo strutturato (quando il docente prepara attività in cui vengono posti obiettivi di apprendimento ben delineati) o tramite metodi di indagine libera, per studiare fenomeni non conosciuti. In classe è possibile realizzare sia attività altamente strutturate sia aperte, in funzione dei diversi obiettivi di apprendimento; tuttavia è necessario considerare che raramente gli studenti, specialmente all'inizio, pongono domande e valutano i problemi che devono essere

analizzati in modo autonomo, per cui un tipo di Inquiry più strutturato può essere più idoneo.

Qualunque sia il tipo di Inquiry, è necessario che le attività progettate abbiano cinque caratteristiche essenziali:

1. *Gli studenti devono essere coinvolti in problemi scientificamente rilevanti*, cioè quelli centrati su oggetti, organismi, eventi e fenomeni del mondo naturale.
2. *Gli studenti devono dare la priorità all'evidenza, che permette di sviluppare e valutare le spiegazioni di problemi scientificamente rilevanti*. Questa è la caratteristica fondamentale della scienza, che si distingue dagli altri metodi per ottenere conoscenza in quanto usa l'evidenza empirica come base per fornire spiegazioni in merito al mondo naturale.
3. *Gli studenti devono formulare spiegazioni tratte dall'evidenza, coerenti con i problemi scientificamente rilevanti*. Questo aspetto sembra simile al precedente ma in realtà fa emergere il passaggio dall'evidenza alla spiegazione.
4. *Gli studenti devono valutare le loro spiegazioni considerando anche altre possibili alternative*. In questo modo è possibile scartare o modificare le spiegazioni iniziali e questa caratteristica differenzia l'Inquiry scientifico da altre forme di Inquiry.
5. *Gli studenti devono comunicare e giustificare le spiegazioni proposte*. Gli scienziati comunicano i loro risultati in modo che essi possano essere riprodotti e questo richiede una chiara esposizione delle procedure, delle evidenze e delle spiegazioni.

In un approccio di tipo Inquiry completo, sono presenti tutte le caratteristiche precedenti anche se distribuite in modo differente, secondo il maggiore o minore grado di strutturazione delle attività. Nel caso in cui siano presenti solo alcune di queste caratteristiche, l'Inquiry è parziale, anche se è indispensabile mantenere le parti fondamentali del processo.

La combinazione delle caratteristiche che devono essere presenti in un processo di tipo Inquiry, ha portato alla realizzazione di molti modelli di istruzione, che prendono spunto dalle osservazioni su come gli individui apprendono e che sono realizzati in modo da inserire le caratteristiche dell'Inquiry in una sequenza di attività progettate per affinare le concezioni degli studenti e per fornire tempo e opportunità per una loro ricostruzione. Inoltre, i modelli di istruzione hanno aiutato i docenti (e coloro che li supportano) a

progettare la didattica tenendo presenti i processi con cui si realizza l'apprendimento, così da coinvolgere gli studenti in un processo di indagine scientifica.

L'utilità di utilizzare un approccio di tipo Inquiry nella didattica delle scienze, viene confermata da uno studio condotto dalla Commissione Rocard (4) (un gruppo di esperti nominato dalla Commissione Europea per la Ricerca, la Didattica e la Cultura) che nel 2006 ha evidenziato come, sebbene il numero di giovani che si iscrivevano all'università fosse in aumento, quelli che sceglievano di frequentare un corso di studi scientifico erano in netta diminuzione.

La Commissione ha analizzato i motivi alla base della diminuzione dell'interesse dei giovani europei nei confronti delle scienze evidenziando che, fra tante ragioni anche complesse, il motivo principale era da identificarsi nel modo in cui le discipline scientifiche venivano insegnate nelle scuole. Di conseguenza, il rapporto conclusivo suggerisce delle good practices fra cui l'utilizzo di strategie didattiche basate sull'indagine, note come Inquiry Based Science Education (IBSE).

Con questi approcci, si realizza una delle caratteristiche dell'apprendimento messe in evidenza nel costruttivismo: la collaborazione, sia tra studenti sia tra studenti e docente, che porta ad un confronto tra idee ed opinioni diverse, per arricchirsi a vicenda in un processo continuo di scambio di informazioni e stimoli.

1.5 Il ciclo delle 5E nel protocollo IBSE

Una delle più diffuse versioni di metodologia IBSE, si basa su un ciclo di apprendimento in cui si susseguono 5 fasi, denominate Engage, Explore, Explain, Elaborate e Evaluate e per tale ragione è chiamato modello delle 5E. Prima di descrivere questo modello, è importante presentare brevemente alcuni precedenti modelli di formazione, che ne hanno influenzato lo sviluppo.

Già all'inizio del XX secolo, prima ancora che si sviluppassero e consolidassero le idee cognitive, Johann Friedrich Herbart, un filosofo tedesco, rifletteva sul fatto che lo scopo principale della didattica è lo sviluppo della personalità degli studenti ma, per realizzare questo obiettivo, è determinante che tali studenti mostrino interesse nei confronti di ciò che stanno studiando. Herbart immaginava i concetti come *elementi strutturali* con una certa funzione che possono posizionarsi nella mente degli alunni se gli stessi ne percepiscono l'utilità. Herbart propone due principi alla base dell'insegnamento: interesse

e comprensione. Il docente può stimolare l'interesse degli studenti sfruttando le esperienze dirette che essi posseggono in merito al mondo naturale, tramite l'utilizzo di oggetti specifici e favorendo le interazioni tra gli alunni, ma questo aspetto non è sufficiente a garantire un corretto apprendimento. Infatti, ogni nuovo concetto introdotto durante l'insegnamento, deve essere collegato ad uno precedente, in modo che l'individuo ne veda la coerenza. In pratica, "la conoscenza precedente è il punto di partenza per l'istruzione" (45). L'idea di Herbart è che un modello di formazione debba iniziare considerando le conoscenze precedenti degli studenti e collegando i nuovi concetti con quelli già noti; la tabella n. 1 riassume il modello appena esposto:

Tabella I - Modello di formazione di Herbart

Fase	Attività
Preparazione	Il docente aiuta gli studenti a prendere consapevolezza delle esperienze in loro possesso.
Presentazione	Il docente introduce le nuove esperienze e le mette in relazione con le precedenti.
Generalizzazione	Il docente spiega le idee e sviluppa i concetti per gli studenti.
Applicazione	Il docente sviluppa esperienze in cui gli studenti dimostrano la loro conoscenza applicando i nuovi concetti in contesti diversi.

Fra i primi cognitivisti, nel 1910 e successivamente nel 1933, John Dewey (che iniziò la sua carriera come docente di scienze), pone l'accento sul "pensiero" e descrive i cinque fattori che ritiene indispensabili per lo sviluppo del pensiero critico: 1) definizione del problema; 2) evidenziazione delle condizioni associate al problema; 3) formulazione di una ipotesi per risolvere il problema; 4) elaborazione di varie possibili soluzioni; 5) Verifica delle ipotesi per identificare quella che rappresenta la migliore soluzione al problema. Il suo modello è stato riportato nel 1938 nel report *Science in General Education* (46) ed è riassunto nella tabella n. 2

Tabella II - .Modello di formazione di Dewey.

Fase	Attività
Rilevamento di situazioni problematiche	Il docente presenta un'esperienza in cui gli studenti avvertono un contrasto e percepiscono un problema.
Chiarimento del problema	Il docente aiuta gli studenti a descrivere la specifica natura del problema.
Formulazione di un'ipotesi	Il docente fornisce agli studenti gli strumenti per formulare delle ipotesi e prova a stabilire delle relazioni tra la situazione che ha creato un contrasto e le precedenti esperienze.
Verifica delle ipotesi	Il docente induce gli studenti a verificare le ipotesi con opportuni esperimenti.
Revisione: test rigorosi	Il docente mette in evidenza situazioni per accettare o rigettare le ipotesi
Riassumere le conclusioni	Il docente chiede agli studenti di predisporre un'affermazione per esprimere una conclusione che ispiri ulteriori azioni.

Sulle tracce del lavoro di Dewey, nel 1950, viene proposta una variazione del modello formativo (47) in cui si introduce esplicitamente il termine *ciclo di apprendimento*. Tale modello è schematizzato nella tabella n. 3:

Tabella III - Ciclo di apprendimento di Heiss, Obourn ed Hoffman

Fase	Attività
Esplorazione	Gli studenti osservano dimostrazioni che li inducono a porsi domande, propongono ipotesi per rispondere e pianificano prove.
Acquisizione di esperienze	Gli studenti mettono alla prova le ipotesi, raccolgono e interpretano dati e raggiungono conclusioni.
Organizzazione dell'apprendimento	Gli studenti preparano schemi, risultati e riassunti e si confrontano con altre ipotesi.
Applicazione dell'apprendimento	Gli studenti applicano conoscenze, concetti e abilità a nuove situazioni.

Negli anni successivi, in pieno sviluppo del cognitivismo, inizia un periodo in cui i modelli di formazione esistenti vengono modificati in modo sostanziale; nel 1965, David Hawkins descrive un modello di insegnamento in cui vengono utilizzati per la prima volta i simboli del cerchio, del triangolo e del quadrato, che rappresentano le fasi di un modello di formazione che prevede un'esplorazione non strutturata, una serie di esperienze programmate e una formazione didattica (48). Questo modello fornisce le strategie per lo sviluppo delle unità previste dall'Elementary Science Study (EES) ma non viene completamente accettato da coloro che studiano lo sviluppo di altri curriculum, in

particolare lo Science Curriculum Improvement Study (SCIS). Solo nel 1967, grazie a Robert Karplus e al suo collega Herbert Thier (49), viene descritto un modello di insegnamento delle scienze, basato su tre fasi: *esplorazione*, *invenzione* e *scoperta*. L'esplorazione si riferisce esclusivamente alle esperienze non strutturate, grazie alle quali gli studenti devono acquisire nuove informazioni. Nella fase dell'invenzione, gli studenti interpretano le informazioni acquisite nella fase precedente e le usano per ottenere una proposizione formale che spesso riguarda la definizione di nuovi concetti. Nell'ultima fase, gli studenti applicano i concetti acquisiti precedentemente a nuove situazioni. Studi successivi (50), mostrano i vantaggi di questo modello, rispetto ad altre modalità di insegnamento.

Nel 1988, Lawson (51), modifica leggermente i termini utilizzati per identificare le fasi del ciclo di apprendimento, parlando di *esplorazione*, *introduzione dei termini*, *applicazione dei concetti* ma i fondamenti di ciascuna delle tre fasi rimangono essenzialmente gli stessi.

Il modello delle 5E, viene introdotto per la prima volta nel 1989 grazie ad uno studio effettuato dal Biological Science Curriculum Study (BSCS) con l'obiettivo di produrre delle indicazioni per i curriculum di scienze delle scuole elementari. Il modello delle 5E comprende 5 fasi: *Engage*, *Explore*, *Explain*, *Elaborate*, e *Evaluate* e utilizza come base di partenza il ciclo di apprendimento elaborato dallo SCIS; i due modelli sono messi a confronto nella tabella n. 4:

Tabella n. 4 - Confronto tra le fasi del modello SCIS e del modello delle 5E del BSCS

Modello SCIS	Modello BSCS 5E
	Engage (nuova fase)
Exploration	Explore (adattata dal precedente modello)
Invention	Explain (adattata dal precedente modello)
Discovery	Elaborate (adattata dal precedente modello)
	Evaluate (nuova fase)

Entrambi i modelli si basano sul lavoro di Jean Piaget (paragrafo 1.2) e sulle successive ricerche inerente alla sua teoria applicata nel campo delle scienze cognitive e nell'utilizzo delle misconcezioni. Il BSCS, però, evidenzia la necessità che gli studenti siano interessati e coinvolti nell'argomento prima che inizi il processo di apprendimento

(la fase Engage), introduce le attività di *cooperative learning* nelle fasi precedentemente denominate come Invention e Discovery e aggiunge un'ultima fase dedicata alla valutazione, per verificare le nuove conoscenze e abilità degli studenti.

Vediamo ora nel dettaglio le 5 fasi del modello elaborato dal BSCS.

Engage

In questa fase, gli studenti vengono motivati allo studio dell'obiettivo d'apprendimento, con l'utilizzo di oggetti, problemi, situazioni o eventi. Le attività svolte durante questa fase, devono creare dei collegamenti con le precedenti esperienze e conoscenze degli studenti e far emergere la presenza di eventuali misconcezioni. Il ruolo del docente è quello di presentare la situazione problematica e fissare regole e procedure per la realizzazione del compito. Nella tabella 5 sono riassunte le attività che studenti e docenti devono svolgere all'interno di questa fase:

Tabella V - Descrizione delle attività all'interno della fase Engage

Lo studente...	Attività	L'insegnante...
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pone domande come: <ul style="list-style-type: none"> • Quando ciò accade? • Cosa conosco in merito a ciò? • Come si può risolvere il problema? ✓ Sviluppa interesse nell'argomento ✓ Risponde alle domande mettendo in evidenza le conoscenze già in suo possesso. 	<p>Le attività dovrebbero creare un collegamento tra esperienze di apprendimento passate e presenti, anticipare le attività successive e indirizzare il pensiero degli studenti verso gli obiettivi di apprendimento.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Generano interesse ✓ Si collegano con le conoscenze pregresse ✓ Definiscono i parametri fondamentali ✓ Strutturano l'idea 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Stimola la nascita di quesiti e di problemi ✓ Identifica le risposte che rivelano le conoscenze in possesso degli studenti in merito all'argomento. ✓ Genera interesse ✓ Genera curiosità ✓ Evita di spiegare i concetti, di fornire definizioni e soluzioni, di enunciare conclusioni

Explore

Gli studenti, nella fase precedente, hanno effettuato delle attività con l'obiettivo di motivarli ed interessarli. Adesso hanno bisogno di tempo per rielaborare le nuove idee e quindi le attività progettate all'interno di questa fase, devono portare gli studenti alla formulazione di concetti, processi e abilità che ristabiliscono l'equilibrio perturbato dalla

fase Engage. Il docente ha una funzione di facilitatore ma non interviene direttamente nelle attività.

Tabella VI - Descrizione delle attività all'interno della fase Explore

Lo studente...	Attività	L'insegnante...
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Riflette in modo critico; ✓ Cerca soluzioni alternative per risolvere i problemi e ne discute con gli altri; ✓ Conduce attività di verifica sperimentale e formula ipotesi; ✓ Impara ad ascoltare; ✓ Condivide idee; ✓ Registra osservazioni e/o generalizzazioni; ✓ Evita conclusioni definitive. 	<p>Devono fornire agli studenti una base comune, con cui i concetti, i processi e gli obiettivi vengono identificati e sviluppati</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Si sperimentano i concetti chiave; ✓ Si identificano nuovi obiettivi; ✓ Si stabiliscono relazioni e conoscenze. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Individua le risposte che evidenziano la conoscenza degli studenti in merito all'argomento; ✓ Stimola domande e propone problemi; ✓ Agisce da facilitatore; ✓ Osserva e registra come gli studenti interagiscono; ✓ Pone domande opportunamente "orientate"; ✓ Evita di definire sbagliata qualsiasi risposta fornita dagli studenti.

Explain

In questa fase, vengono utilizzate attività grazie alle quali i concetti, i processi e le abilità diventano chiare e comprensibili. Il docente indirizza l'attenzione degli studenti verso alcuni aspetti specifici delle fasi precedenti inizialmente chiedendo agli alunni di fornire le loro spiegazioni e successivamente introducendo spiegazioni scientifiche in un modo formale. Il docente, quindi, utilizza le spiegazioni fornite dagli studenti e le collega con le esperienze delle fasi Engage ed Explore. L'obiettivo principale di questa fase è presentare i concetti in un modo chiaro e semplice e preparare la classe verso la fase successiva. Durante questa fase, continua il processo in cui vengono organizzate le conoscenze nella mente degli studenti e al termine gli alunni devono essere in grado di spiegare le attività che hanno svolto e i concetti acquisiti utilizzando una terminologia condivisa.

Tabella n 7 - .Descrizione delle attività all'interno della fase Explain

Lo studente...	Attività	L'insegnante...
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Propone possibili soluzioni agli altri studenti; ✓ Riassume criticamente le spiegazioni proposte da altri, anche contestandole; ✓ Riferisce sulle precedenti attività; ✓ Usa le precedenti osservazioni e scoperte; ✓ Fornisce risposte ragionevoli alle domande. 	<p>Focalizzano l'attenzione degli studenti su un particolare aspetto della loro esperienza e forniscono opportunità per dimostrare la loro conoscenza di concetti, obiettivi, e comportamenti. Questa fase, inoltre, offre l'opportunità al docente di introdurre nuovi concetti, processi o obiettivi.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Collegano le conoscenze precedenti con le nuove scoperte; ✓ Enunciano le nuove scoperte; ✓ Collegano il linguaggio informale con quello formale. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Mette a disposizione definizioni formali, spiegazioni e un nuovo lessico; ✓ Utilizza le precedenti esperienze per spiegare i concetti; ✓ Stimola gli studenti a descrivere le loro osservazioni con parole proprie; ✓ Sintetizza la discussione tra gli studenti e fa emergere la corretta spiegazione dei fenomeni; ✓ Accetta tutte le risposte ragionevoli; ✓ Non prende in considerazione risposte prive di opportuna motivazione.

Elaborate

Quando gli studenti avranno dimostrato di essere in grado di aver compreso il problema assegnato, esprimendone la spiegazione con una corretta terminologia, è importante coinvolgerli in nuove attività in cui possano estendere ed elaborare ulteriormente i concetti acquisiti in contesti diversi. In questo modo è possibile evidenziare se permangono eventuali misconcezioni o se la comprensione dei concetti è solo parziale. Le attività progettate in questa fase, richiedono ulteriore tempo e metodi per consolidare l'apprendimento. Parte fondamentale del processo di elaborazione, è l'interazione tra gli studenti che può avvenire tramite discussioni o lavori di gruppo ma che in ogni caso consenta uno scambio di informazioni tra alunni con un livello di conoscenza simile. L'obiettivo principale è la generalizzazione dei concetti, dei processi e delle abilità.

Tabella VII - Descrizione delle attività all'interno della fase Elaborate

Lo studente...	Attività	L'insegnante...
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Applica nuovi termini, definizioni, spiegazioni e abilità in situazioni nuove; ✓ Usa le precedenti informazioni per fare domande, proporre soluzioni, prendere decisioni e progettare esperimenti; ✓ Redige conclusioni ragionevoli tratte dall'evidenza; ✓ Registra osservazioni, spiegazioni e soluzioni. 	<p>Mettere alla prova ed estendere le conoscenze e le abilità degli studenti. Attraverso nuove esperienze, gli studenti sviluppano conoscenze più ampie e approfondite, maggiori informazioni e abilità adeguate.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Applicare le nuove conoscenze in situazioni nuove; ✓ Estendere e spiegare i concetti; ✓ Esporre le nuove conoscenze usando un linguaggio formale. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Richiede che gli studenti usino il vocabolario, le definizioni e le spiegazioni fornite precedentemente in nuovi contesti; ✓ Propone spiegazioni alternative a quelle avanzate dagli studenti; ✓ Usa le conclusioni raggiunte nelle fasi precedenti come strumento per avviare un nuovo processo di apprendimento; ✓ Indirizza gli studenti verso l'applicazione e estensione dei nuovi concetti e abilità.

Evaluate

In questa fase, gli studenti hanno l'opportunità di utilizzare le abilità che hanno acquisito e valutare la loro conoscenza, ottenendo un feedback da parte del docente. Una valutazione informale può essere effettuata dal docente all'inizio e anche durante la sequenza delle 5E. In ogni caso al termine è necessaria una valutazione formale per verificare il corretto apprendimento dei concetti e il raggiungimento degli obiettivi formativi.

Il modello delle 5E elaborato dal BSCS, così come il precedente modello dello SCIS, considera l'apprendimento come un processo dinamico e interattivo. Gli individui coinvolti nel processo d'apprendimento interagiscono con l'ambiente o tra di loro e questo porta ad una revisione dei concetti che costituivano inizialmente la loro conoscenza. Tale processo può portare ad un cambio di questi concetti, nel caso in cui lo studente si renda conto che sono incompleti o inadeguati, o ad una semplice riorganizzazione. È necessario realizzare specifiche attività didattiche per verificare le concezioni presenti negli studenti e fornire tempo e strumenti sufficienti per consentire un efficace ampliamento e riorganizzazione della struttura cognitiva individuale.

1.6 Insegnamento della chimica in contesto

Dal punto di vista degli studenti, la chimica viene percepita come una materia complessa da studiare, a causa delle specifiche peculiarità già descritte. Inoltre, fra il pubblico in generale, la chimica come scienza viene percepita in senso prevalentemente negativo, come è stato anche recentemente evidenziato da un'indagine condotta nel 2011 dall'Unione delle Industrie Chimiche in Francia (CEFIC). I risultati di questo studio mostrano che i cittadini dichiarano di non essere sufficientemente informati in merito alla chimica e, per tale ragione la associano all'innovazione e allo sviluppo in alcuni settori (energia, salute e materiali), ma anche a termini come inquinamento, pericolo e rischio. (52).

Per questi motivi, la realizzazione di un opportuno ambiente di apprendimento, basato su processi di tipo Inquiry, risulta più complesso nel caso della chimica.

Per affrontare questo genere di difficoltà sono state proposte idee ispirate al costruttivismo di Vygotsky, progettando opportuni ambienti di apprendimento presumibilmente più vicini al vissuto degli studenti, secondo approcci noti come context-based.

La scelta del “contesto” deve essere effettuata con attenzione in quanto è stato dimostrato (53) che influenza particolarmente l'interesse degli studenti. Secondo Krapp (54), l'interesse emerge dalla specifica interazione tra una persona e un oggetto, un'attività o un campo di conoscenza ed è in parte determinato dall'importanza che viene attribuita al concetto in sé e per il resto dal gradimento dell'attività in cui il soggetto viene impegnato. Quindi, l'interesse deriva da fattori esterni e da motivazioni soggettive; il docente non ha controllo sulla personalità degli studenti ma può influenzare il contesto, in modo da esaltare l'attrattività dell'argomento. Ciò può essere realizzato progettando un ambiente di apprendimento in cui i contenuti della disciplina sono collegati a fenomeni della vita quotidiana. Esistono rilevanti esempi di questo tipo di strategie didattiche, in tutte le discipline scientifiche. Per quanto riguarda la chimica, verranno qua citati i tre esempi più importanti perché tra i più diffusi.

I Salters Advanced Chemistry fanno parte della categoria più generale dei Salters Courses (55) (56). Questi corsi sono stati proposti nel Regno Unito a partire dal 1983, quando un gruppo di docenti e di esperti in didattica delle scienze, ha sviluppato cinque unità *context-based* per l'insegnamento della chimica a studenti della scuola media inferiore (13 anni). Nei successivi 20 anni, il numero di corsi sviluppati è cresciuto e oggi

esistono Salters Courses per biologia, chimica e fisica per studenti che vanno dagli 11 ai 18 anni. Per ciò che riguarda la chimica, vi sono due corsi. Il “Chemistry: the Salters Approach” è stato uno dei primi ad essere sviluppato e si rivolge a studenti tra i 14 e i 16 anni. Il secondo, denominato “Salters Advanced Chemistry”, è nato negli anni 90 e si rivolge a studenti di età compresa tra i 17 e i 18 anni. Ogni corso della famiglia Salters, deve essere sviluppato in modo da tener conto che i concetti selezionati e il contesto in cui vengono studiati, devono mostrare agli studenti come la chimica contribuisce alla loro vita quotidiana e/o aiutarli ad acquisire una migliore conoscenza dell’ambiente naturale. In termini operativi, ciò viene realizzato facendo partire il corso da un aspetto tratto direttamente da comuni esperienze già possedute dagli studenti, o utilizzando temi già noti agli alunni per via dei mezzi di informazione; i concetti di base della chimica, vengono introdotti solo quando essi sono necessari per comprendere il tema in discussione. In questo modo, i corsi Salters intendono raggiungere vari obiettivi, tra cui quello di mostrare che la chimica è usata in tutto il mondo e di far vedere come lavorano i chimici.

In merito alla valutazione, esistono ricerche mirate a valutare le opinioni dei docenti, mentre non esiste un programma di valutazione su larga scala rivolto agli studenti. Per ciò che riguarda i docenti, sono state confrontate le esperienze di 222 insegnanti, comprendenti docenti coinvolti in uno di questi corsi e docenti che hanno mantenuto un insegnamento tradizionale. L’analisi è stata effettuata tramite un questionario, con il quale sono stati indagati sei aspetti fondamentali: la motivazione degli studenti e dei docenti, la conoscenza della chimica e lo sviluppo dei concetti, le attività di apprendimento, i risultati di apprendimento confrontati con classi tradizionali, il grado di soddisfazione dei docenti e il materiale di supporto. I risultati mostrano che i Salters Courses sono più stimolanti per i docenti e che gli studenti risultano più interessati alla chimica, sia in termini di una risposta immediata durante le lezioni, sia nella decisione successiva di approfondire questi temi scegliendo di studiare chimica all’università. Inoltre i docenti hanno rilevato che gli studenti sono più autonomi nello studio.

Alcuni studi condotti sulle opinioni di studenti tra 11 e 16 anni (57) (58), si sono concentrati sull’aspetto motivazionale, mentre esistono pochi studi riguardanti i risultati di apprendimento. Per ciò che riguarda gli studenti più grandi, invece, la valutazione finale si è concentrata sulla verifica delle conoscenze dei concetti chimici, probabilmente perché in questo caso l’aspetto motivazionale non è più di primaria importanza. Esistono due studi (56) (59) che hanno raccolto le evidenze in merito alla conoscenza dei concetti base della

chimica da parte degli studenti al termine del corso. In entrambi gli studi, si è notato un miglioramento dell'apprendimento da parte degli studenti che hanno utilizzato questo approccio.

Nel complesso, indipendentemente dall'età, gli studenti che hanno seguito un Salter Cours (55) hanno mostrato un notevole interesse e hanno apprezzato la varietà delle attività proposte e la loro flessibilità, a differenza degli studenti che hanno seguito un corso tradizionale. Inoltre, utilizzando il metodo delle interviste, è stato evidenziato che l'interesse è stato mantenuto per i due anni successivi al corso, cosa che non accade con gli studenti che hanno seguito un corso tradizionale.

Negli Stati Uniti, già all'inizio degli anni '80, si era evidenziata la necessità di ristrutturare i programmi delle discipline scientifiche nelle scuole, per garantire che tutti gli studenti potessero acquisire un'adeguata *scientific literacy* fondamentale per vivere da cittadini consapevoli in una società sempre più tecnologica. Per ottenere questo obiettivo l'American Association for the Advancement of Science (AAAS) ha lanciato un progetto che ha avuto inizio nel 1985, anno in cui la cometa di Halley si è trovata abbastanza vicina alla terra, ed è stato chiamato "Project 2061" perché coloro che potranno nuovamente vedere il passaggio della cometa avevano appena iniziato il loro percorso scolastico. Il progetto è iniziato con uno studio da parte del National Council on Science and Technology Education, un gruppo di esperti appositamente costituito dall'AAAS che ha elaborato una serie di raccomandazioni su cosa debba essere conosciuto dal cittadino con adeguata cultura scientifica.

Attualmente, il lavoro del Project 2061 ha prodotto alcune pubblicazioni, quali i due volumi dal titolo "*Atlas of Science Literacy*" (60), il "*Benchmarks for Science Literacy*" (61) e "*Science for All Americans*" (62), che esplicitano gli obiettivi di apprendimento da raggiungersi. Il progetto è sostenuto economicamente dal National Science Foundation (NSF), dal Department of Education, dalla National Aeronautics and Space Administration (NASA) e dal National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).

Il Project 2061 si basa su alcune premesse:

- Tutti i bambini devono conoscere le basi delle scienze, della matematica e della tecnologia, per essere pronti a vivere in modo produttivo;
- Le modalità con cui fornire queste conoscenze di base sono cambiate radicalmente per rispondere ad uno sviluppo tecnologico sempre più rapido;

- È necessario iniziare una ristrutturazione della didattica per ciò che riguarda le materie scientifiche per seguire questi cambiamenti.

La parte fondamentale del progetto è il libro *Science for All Americans*, che include una serie di raccomandazioni specifiche fornite dal National Council; in particolare, i primi tre capitoli sono centrati sulla natura della scienza, della matematica e della tecnologia, i successivi sei capitoli introducono le conoscenze scientifiche di base necessarie per comprendere la natura, identificandole in contesti del mondo che ci circonda e analizzate dal punto di vista di scienziati e tecnologi; i due capitoli seguenti presentano un insieme di nozioni che i cittadini devono conoscere riguardanti alcuni episodi tratti dalla storia della scienza; infine, l'ultimo capitolo presenta delle raccomandazioni sulle conoscenze che sono essenziali per raggiungere un livello di cultura scientifica adeguato.

Tutte le raccomandazioni del National Council, trattano argomenti che sono presenti in un normale curriculum scolastico ma vengono eliminati i confini tra i vari argomenti (creando quindi una serie di collegamenti) e viene ridotta la quantità di nozioni che lo studente deve ricordare. Inoltre, sono anche trattati argomenti non normalmente presenti in un curriculum scolastico, riguardanti il modo in cui le scienze, la matematica e la tecnologia sono collegate tra di loro e con la società in generale.

L'American Chemical Society (ACS) con il supporto della National Science Foundation (NSF), ha sviluppato un curriculum di chimica per studenti di scuola secondaria superiore, con l'obiettivo di favorire la scientific literacy evidenziando l'impatto positivo della chimica nella società. Il curriculum è stato progettato per studenti che non necessariamente vogliono continuare gli studi scientifici ma che comunque devono conoscere gli argomenti per essere cittadini consapevoli di una società sempre più tecnologica. Il programma ha avuto inizio nel 1980 ed è stato lanciato nel 1988 tramite la pubblicazione di un libro di testo per gli studenti, di cui è attualmente disponibile la 6^a edizione. Il progetto è stato elaborato da docenti di scuola secondaria superiore e universitari e utilizza un approccio context-based centrato sullo studente, in cui i principi chimici vengono introdotti quando sono necessari. Da quando è disponibile il libro di testo ChemCom, la percentuale di studenti americani che, al termine della scuola superiore decide di intraprendere un corso di studi universitari di tipo scientifico, è cresciuta dal 32% nel 1982 al 62% nel 2000 (63). Le valutazioni condotte su questo progetto, mostrano che la sua efficacia è almeno paragonabile a quella dei metodi tradizionali, sebbene alcuni

docenti continuano a mostrare dubbi in merito alla possibilità di utilizzare questo approccio per la preparazione di studenti che poi affronteranno un corso di chimica universitario.

La prima valutazione degli atteggiamenti degli studenti che hanno seguito un percorso didattico progettato secondo queste caratteristiche, è stata condotta nel 1995 (64), tramite un questionario opportunamente progettato, che conteneva 20 domande a risposta chiusa. Dall'analisi dei risultati, è emerso come gli studenti che avevano seguito un corso progettato secondo il curriculum Chemistry in Context, avevano un'idea positiva della chimica e della sua importanza nell'ambito della società. Tuttavia, non esistono studi per valutare gli obiettivi didattici raggiunti dagli studenti di un corso Chemistry in Context, ovvero la loro conoscenza in merito alla disciplina; a partire dal 1997, l'*Institute Examinations* della divisione didattica dell'ACS, ha progettato e pubblicato delle prove di valutazione specifiche, basate su domande a scelta multipla. Tali valutazioni, però, sono strettamente collegate con il libro di testo e non chiedono agli studenti di utilizzare le conoscenze acquisite in contesti differenti.

Si può anche notare che a seguito dello sviluppo del progetto, l'ACS ha focalizzato la sua attenzione anche sugli studenti universitari soprattutto quelli che seguono un corso di chimica ai primi anni del college, sebbene non intendano proseguire con studi di tipo scientifico (63). Per questi studenti lo studio della chimica prima della laurea è l'unica occasione per apprezzare l'utilità di questa disciplina. Un gruppo di 6 docenti universitari ha realizzato un libro di testo con l'obiettivo di rendere tutti i lettori (quindi non necessariamente persone che affronteranno studi scientifici) in grado di rispondere in modo ragionato a domande legate alla complessità del mondo tecnologico.

E' stato realizzato un libro di testo, la cui struttura è molto differente rispetto a quella di un libro tradizionale, in quanto non si sviluppa tramite una progressione lineare di concetti scientifici (che gli studenti apprendono come se stessero salendo sopra una scala), ma piuttosto con un processo a spirale, in cui i concetti vengono riproposti più volte nelle varie sezioni. Ogni capitolo del libro, ha inizio con uno "spunto" per stimolare l'interesse degli studenti; tale spunto è differente per i vari capitoli ma in tutti i casi prende in considerazione problemi collegati con la vita quotidiana (a differenza di quanto avviene in ChemCom, in cui ciascun capitolo tratta un caso di studio ipotetico).

Indipendentemente dalle caratteristiche specifiche, questi approcci sono di interesse al presente lavoro, in quanto descrivono diverse possibilità di realizzazione di ambienti di

apprendimento che comunque sono tutti caratterizzati dall'uso di spunti tratti dalla vita quotidiana per motivare gli studenti.

2. Scopo della tesi

Nel capitolo precedente, sono stati delineati i fattori che devono essere presi in considerazione dal docente che vuole realizzare un ambiente di apprendimento autentico per l'insegnamento della chimica. In pratica, il docente deve essere consapevole che la definizione di autenticità collega questo termine con la valenza professionale della chimica; inoltre, l'autenticità è basata sulla individuazione di alcune pratiche scientifiche che sono riconosciute come processi in cui il chimico è coinvolto sia individualmente che all'interno della comunità di chimici. L'obiettivo di queste pratiche scientifiche è generare conoscenza in merito al mondo naturale (intesa come idealizzazione ma anche come ampliamento), ricordando che la chimica autentica può essere solo approssimata. L'insegnamento autentico della chimica, basato su queste considerazioni, può essere realizzato nella scuola per migliorare l'apprendimento e aiutare gli studenti ad acquisire un'adeguata scientific literacy. Tuttavia, come già evidenziato (36) spesso i futuri docenti di chimica, posseggono delle idee non adeguate e incomplete in merito ai vari fattori che identificano l'insegnamento autentico della chimica.

Come ampiamente descritto in precedenza, allo scopo di motivare gli studenti e di realizzare collegamenti con il mondo circostante, nell'insegnamento scientifico, sono quasi sempre utilizzati esempi tratti dalla vita di ogni giorno. Tuttavia, nel caso della chimica tali esempi non sempre evidenziano chiaramente i processi di investigazione scientifica, tipici del chimico, la cui esplicitazione, come detto precedentemente, è fondamentale per la realizzazione di un adeguato ambiente di apprendimento. Tali processi sono sicuramente più evidenti (e forse di maggiore interesse per gli studenti della scuola secondaria di secondo grado), se si prendono in considerazione aspetti innovativi della ricerca chimica. Per questo motivo, nel presente lavoro, si è voluto verificare se l'uso di spunti tratti dalla moderna ricerca scientifica e tecnologica, potesse risultare più efficace.

Inoltre, è stato anche dimostrato che l'introduzione di attività Inquiry è particolarmente indicata per l'insegnamento scientifico, per cui, nel presente lavoro di tesi, fra le varie possibilità, è stato scelto di sperimentare un approccio di tipo IBSE, la cui efficacia è stata ampiamente documentata per la biologia, la fisica e le scienze naturali, prevalentemente per percorsi di studio fino alla scuola secondaria di primo grado. Per ciò che riguarda la chimica, esistono pochi esempi documentati di applicazione di questa metodologia sia perché lo studio specifico della chimica inizia ad un livello scolastico superiore, sia perché

nella fase Engage esempi tratti dalla vita quotidiana non sono altrettanto efficaci nel fare emergere i concetti base di questa disciplina, che sono spesso nascosti.

Per tali ragioni, la presente ricerca si pone come obiettivo quello di realizzare efficaci ambienti di apprendimento autentico adottando metodologie IBSE che, nella fase Engage, utilizzino esempi tratti dalla moderna ricerca scientifica e tecnologica per introdurre i concetti base della chimica. Inoltre questo approccio potrebbe contribuire a rendere il mondo della ricerca e il lavoro del ricercatore più vicino alla società, avendoli connessi con la programmazione curriculare della chimica. Quindi questo lavoro di tesi persegue due distinti obiettivi che possono essere espressi con le seguenti research questions:

1. Esempi tratti dalla ricerca in campo chimico possono essere strumenti efficaci per introdurre concetti base della disciplina in un protocollo IBSE?
2. L'individuazione dei concetti base della disciplina nelle tematiche di ricerca chimica avanzata, contribuisce a rendere il mondo della ricerca più comprensibile e quindi meno distante?

3. Metodologia

3.1 La proposta IBSE+

Ogni approccio didattico che si basa sull'utilizzo del metodo delle 5E, inizia con la fase denominata Engage, che ha l'obiettivo di stimolare l'interesse degli studenti, concentrando la loro attenzione su ciò che sarà oggetto del loro studio. Per realizzare questo obiettivo, spesso il docente presenta un problema o mostra una evidenza sperimentale e pone uno specifico quesito alla classe; in questo modo si avvia una discussione, tramite la quale gli studenti possono porsi delle domande, alle quali sarà data risposta nelle fasi successive (in modo da mantenere la loro concentrazione e il loro interesse) e, in aggiunta, il docente può riconoscere le concezioni alternative che gli alunni posseggono in merito agli argomenti trattati. L'identificazione da parte del docente di ciò che gli studenti già conoscono, è utile perché, come già evidenziato in precedenza, la conoscenza si costruisce su ciò che già l'individuo ha appreso; questo momento per alcuni autori, può essere considerato come una fase distinta dall'Engage, che viene denominata "Elicit" (65).

L'identificazione delle conoscenze pregresse, può anche essere realizzata tramite la somministrazione di un questionario di ingresso (56) (24) che, se ripetuto alla fine del percorso, può essere utilizzato come strumento di valutazione dell'efficacia dell'apprendimento.

Successivamente alla compilazione del questionario viene presentato agli studenti il tema che è stato scelto dal docente per motivarli e stimolare il loro interesse, spesso esempi tratti dalla vita quotidiana. Come suggerito nel precedente capitolo, per quanto riguarda la chimica questo approccio presenta alcune limitazioni. La proposta avanzata nel presente progetto, è di utilizzare, nella fase Engage dell'approccio IBSE (rinominata come "Engage+"), spunti tratti dalla moderna ricerca scientifica e tecnologica, che possono essere più interessanti e attraenti per gli studenti più grandi. Inoltre, mostrare agli alunni il collegamento esistente tra i concetti base della chimica e le innovazioni più moderne in termini di tecnologia, può rendere tali concetti meno astratti e il mondo della ricerca scientifica più vicino e meno complesso. Trattare i concetti base della chimica in un contesto orientato verso la ricerca, dimostra implicitamente anche che la scienza è in continua evoluzione per cui non tutto è scritto nei libri ma c'è ancora tanto da scoprire, rendendo il lavoro dei ricercatori più affascinante e rilevante.

In quest'ottica, sono presenti esempi in bibliografia (66) (67) (68) (69) (70) in cui nella didattica curriculare sono utilizzati spunti tratti dalla moderna ricerca nel campo della biologia e delle scienze in generale, ma questi argomenti sono usati molto raramente per introdurre i concetti base della disciplina e hanno quasi esclusivamente una funzione divulgativa.

Nel presente lavoro, tutte le altre fasi del protocollo IBSE, così come descritte nel paragrafo 1.5 conservano le medesime caratteristiche.

Nel paragrafo seguente, vengono presentati lo specifico campo di ricerca e gli esempi scelti per il presente lavoro.

3.2 La fase Engage+: elettronica molecolare e nanomacchine

È evidente che la scelta del campo di ricerca dal quale trarre gli esempi da utilizzare nella fase Engage+, sia un passo fondamentale. Il campo di ricerca scelto nel presente progetto è quello delle nanoscienze, che risulta particolarmente attraente per gli studenti in quanto è alla base dello sviluppo delle moderne nanotecnologie.

Il termine “nanotecnologie” si riferisce ad un insieme di tecnologie che sfruttano e applicano le conoscenze derivate dalle nanoscienze. Il campo di studio delle nanoscienze è ampio ma essenzialmente è possibile definirle come un insieme di discipline (che comprendono chimica, biologia, ingegneria genetica, biotecnologia, medicina ecc.) che studiano i fenomeni su scala atomica, molecolare e macromolecolare, ovvero in una scala dimensionale in cui le proprietà della materia sono significativamente differenti da quelle possedute su scala maggiore. Le nanotecnologie applicano le conoscenze ottenute dalle nanoscienze per osservare, misurare e manipolare la materia su scala atomica, molecolare e supramolecolare. La rivoluzione delle nanoscienze è iniziata nel 1959, quando il premio Nobel R. Feynman, presenta il suo lavoro “There’s plenty of room at the bottom” (71) e introduce per la prima volta tale termine, sebbene in quegli anni, come ammesso dallo stesso Feynman, la comunità scientifica non era pronta per questa rivoluzione. Successivamente Eric Drexler riprende le idee di Feynman nel suo libro dal titolo “Engines of creation: the coming era of Nanotechnology” (72) che viene considerato il punto di inizio di questo campo di ricerca.

Oggi con il termine nanotecnologie, si intende classificare un insieme abbastanza ampio di tecnologie applicative e, per il presente progetto di ricerca, è stato scelto un particolare settore delle nanotecnologie, legato alla chimica supramolecolare.

Ogni molecola ha delle proprietà specifiche, che derivano dal tipo di atomi da cui è formata e dal modo in cui questi atomi sono legati tra loro per realizzare una particolare struttura. Queste caratteristiche definiscono anche il modo in cui le molecole interagiscono tra di loro per realizzare dei sistemi supramolecolari che avranno proprietà differenti da quelle delle molecole di partenza e possono essere opportunamente programmate scegliendo i componenti da assemblare. In questo contesto, è evidente l'importanza del chimico che, grazie alla conoscenza dei concetti base che influenzano il legame tra gli atomi e tra le molecole, è in grado di progettare e realizzare specie molecolari con specifiche caratteristiche, partendo dagli atomi. Questa capacità è di notevole interesse in settori come quello dell'elettronica molecolare, in cui è attualmente in atto una corsa alla miniaturizzazione sempre più spinta; in questo campo si adotta ancora prevalentemente un approccio di tipo "top-down", con il quale vengono realizzati materiali microscopici partendo da pezzi macroscopici mediante un processo di successiva frammentazione. Tramite questo approccio che utilizza anche sofisticate tecniche di litografia, scendere al di sotto di dimensioni dell'ordine dei micrometri (10^{-6}m) comporta la realizzazione di prodotti estremamente costosi che non potrebbero rientrare nel normale mercato dei componenti elettronici. Una possibile strada alternativa, è quella di utilizzare l'approccio definito "bottom-up" sfruttando la capacità di atomi e anche molecole di autoassemblarsi in strutture molecolari o supramolecolari (73). La chimica Supramolecolare, una branca della chimica relativamente moderna, è stata definita per la prima volta da uno dei suoi fondatori, Jean-Marie Lehn (premio Nobel 1987), che la descrisse come la "Chimica degli aggregati molecolari di più alta complessità risultanti dall'associazione di due o più specie chimiche legate assieme da forze intermolecolari." (74) (75).

All'interno dell'ampio panorama offerto dagli studi sulla chimica supramolecolare e sulle nanotecnologie, sono stati individuati due esempi, con l'obiettivo di stimolare il maggior interesse negli studenti: l'elettronica molecolare e le nanomacchine.

L'elettronica molecolare (detta anche moletronica), studia in particolare la possibilità di sostituire i componenti elettronici, sia passivi sia attivi, con mattoni molecolari. È un campo interdisciplinare, che coinvolge oltre alla chimica anche la fisica e la scienza dei materiali e le ricerche in questo settore sono sempre più approfondite. Grazie alla

progettazione di componenti elettronici molecolari, l'obiettivo è il superamento dei limiti (fisici, economici e ambientali) di cui soffrono gli attuali circuiti integrati al silicio. Dopo aver analizzato i vari tipi di componenti elettronici che sono già stati progettati su scala molecolare, ne sono stati scelti due da presentare agli studenti durante la fase Engage+: i fili conduttori formati da catene di molecole di benzene legate tra loro con un legame semplice e la molecola di naftalocianina, uno switch molecolare realizzato nei laboratori IBM (76) e ancora in fase di ulteriore miglioramento. Nei fili conduttori, il passaggio di corrente è realizzato grazie alla presenza di doppi legami coniugati mentre l'interruttore molecolare agisce grazie ad un cambiamento della propria struttura in presenza di un opportuno segnale elettrico e/o ottico. È evidente come, per la corretta comprensione del funzionamento di questi componenti, è fondamentale conoscere la natura del legame chimico e il concetto di delocalizzazione elettronica.

Il termine nanomacchine, o macchine molecolari, identifica dei sistemi costituiti da un certo numero di componenti molecolari, che sono in grado di compiere movimenti meccanici sotto l'azione di uno stimolo esterno (73). Tali movimenti sono realizzati grazie allo spostamento di elettroni e nuclei e questo può essere ottenuto se almeno uno dei componenti della macchina è coinvolto in una reazione chimica. Quindi per far funzionare una macchina molecolare, è necessario inizialmente fornire energia, grazie alla quale avviene una reazione chimica che è alla base del movimento; tale reazione deve essere reversibile, per consentire alla macchina di lavorare in modo ciclico. Il controllo del movimento viene effettuato utilizzando reazioni chimiche antagoniste e il funzionamento della macchina può essere evidenziato con il cambiamento di specifiche proprietà del sistema (ad esempio il colore). Il tempo necessario affinché si completi un ciclo va dai picosecondi (10^{-12} s) alle ore e dipende dalla natura chimica del sistema. Ovviamente le funzioni ottenibili dalla macchina dipendono dal tipo di componenti molecolari e sono definite dal chimico in fase di progettazione. Le nanomacchine sono da sempre presenti nel mondo naturale e alcuni degli esempi più comuni sono legati al metabolismo degli esseri viventi, in cui troviamo una grande varietà di enzimi che, legandosi al substrato, ne modificano la forma facendo compiere dei movimenti tali da poter essere definiti delle vere macchine molecolari (77) (78) (79) (80).

L'idea di costruire macchine molecolari artificiali, avanzata per la prima volta da Feynman, è stata ripresa da Eric Drexler che affrontò il problema da un punto di vista più puntuale ma sempre in modo astratto. Drexler ipotizzò la possibilità di costruire un

nanorobot denominato “assembler”, in grado di realizzare oggetti partendo dagli atomi e assemblandoli uno ad uno. Da un punto di vista chimico, però, ciò non è realizzabile, in quanto gli atomi sono specie molto reattive e tendono a legarsi tra di loro. Per tale ragione, il processo con cui il nanorobot dovrebbe costruire gli oggetti, non prende in considerazione la difficoltà di dover scindere i legami chimici e formarne di nuovi. Oggi i chimici sanno che, per costruire congegni a livello nanometrico, è necessario l’approccio bottom-up, tuttavia ancora realizzando solo congegni decisamente più piccoli e semplici rispetto a quelli presenti in natura, dove la complessità delle macchine molecolari è estremamente elevata.

Negli ultimi anni, uno dei campi in cui la ricerca sulle nanomacchine ha raggiunto dei progressi notevoli, è quello della medicina, in cui sono già in fase di sperimentazione dei sistemi nanometrici in grado di trasportare opportuni farmaci all’interno del nostro corpo. Da questo campo di ricerca è stato scelto il secondo esempio da mostrare agli studenti nella fase Engage+, un nanorobot (81) che è formato da un insieme di molecole di DNA opportunamente funzionalizzate per autoassemblarsi in modo da realizzare un cilindro, all’interno del quale è stato inserito un farmaco antitumorale. La creazione di opportune interazioni intermolecolari consente sia di legare le molecole del farmaco alle molecole di DNA all’interno del cilindro, sia di posizionare degli opportuni recettori sulla superficie esterna del nanorobot. Questi recettori sono specifici per le cellule cancerogene e si andranno a legare a queste ultime; nel momento in cui avviene l’interazione tra il recettore e la cellula, il cilindro si apre e il farmaco al suo interno viene rilasciato direttamente nella cellula cancerogena. Il meccanismo di funzionamento del nanorobot, oltre a illustrare in maniera coinvolgente un’applicazione di frontiera dell’attuale ricerca chimica, mostra chiaramente il ruolo fondamentale svolto dalle interazioni intermolecolari

Sono stati progettati due moduli didattici basati su un approccio di tipo IBSE+: il primo parte dall’elettronica molecolare e conduce alla trattazione del legame chimico e delle forze intermolecolari, il secondo ha origine dall’elettronica molecolare e dalle nanomacchine e porta alla delocalizzazione elettronica nei sistemi con doppi legami coniugati e alle interazioni intermolecolari in sistemi complessi come le biomolecole.

4. Parte sperimentale

Successivamente all'identificazione del campo di ricerca da utilizzare all'interno del presente lavoro, è iniziata la progettazione della parte sperimentale, che si è sviluppata in varie fasi ed ha coinvolto attori differenti. L'intero percorso progettuale, è stato sperimentato in un arco temporale di due anni e si è sviluppato passando attraverso due cicli di progettazione, sperimentazione, valutazione e revisione, che sono schematizzati nella figura seguente:

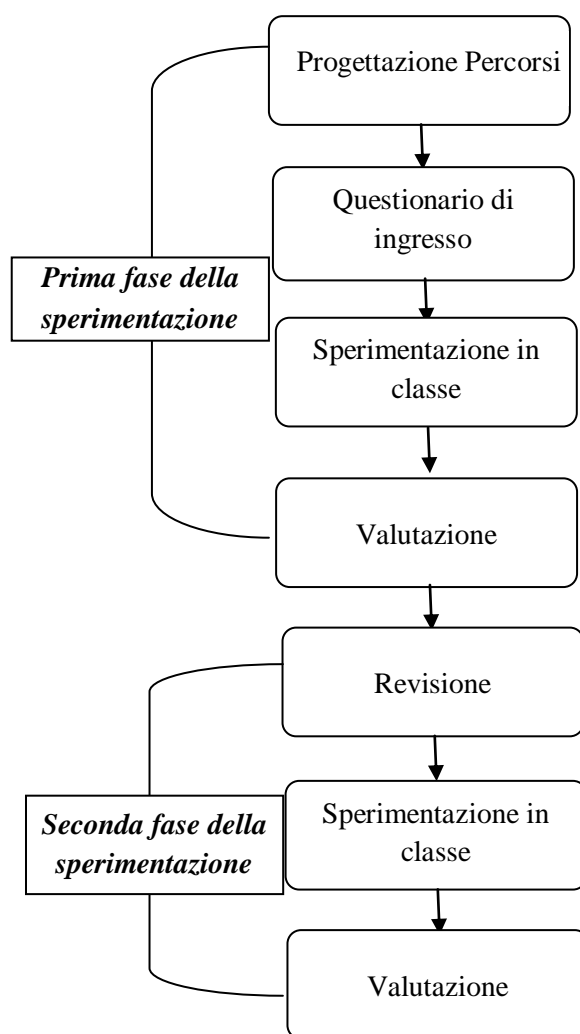


Figura 2. Schema di realizzazione delle fasi sperimentali

I diversi momenti della ricerca descritti nell'immagine, si possono situare in due diverse dimensioni operative: quella progettuale e quella della verifica. Alla dimensione

progettuale appartengono elementi e attività che contribuiscono alla costruzione del percorso, quali l'analisi disciplinare, gli obiettivi da raggiungere, i materiali e gli strumenti utilizzati, l'organizzazione didattica ecc. Alla dimensione della verifica appartengono elementi e attività collegate con il controllo dell'apprendimento e della qualità del prodotto didattico, quindi i criteri e i metodi d'analisi e il monitoraggio (diario di bordo).

Nei paragrafi seguenti, saranno descritte nel dettaglio le due dimensioni all'interno di ciascuna delle due fasi della sperimentazione.

4.1 Progettazione e realizzazione della prima fase della sperimentazione

La progettazione dei due percorsi didattici, si è basata su un'iniziale analisi di tipo disciplinare, mirata a inserire i moduli sperimentali all'interno della normale programmazione curriculare delle classi. Per realizzare questo obiettivo, è stata chiesta la collaborazione ad alcuni docenti di chimica delle scuole superiori, ai quali è stato presentato il punto di partenza del progetto e gli obiettivi che si intendevano raggiungere. Alcuni docenti hanno condiviso le idee iniziali in merito al fatto che la chimica viene percepita dagli studenti come una disciplina complessa, perché astratta e lontana dalla loro vita quotidiana tuttavia hanno preferito non partecipare alla sperimentazione. Tre docenti hanno ritenuto validi anche gli obiettivi del progetto e si sono dichiarati disposti a sperimentare in alcune delle loro classi l'approccio IBSE+; insieme a questi docenti, è stato deciso di effettuare la sperimentazione in due classi prime di due differenti Istituti Tecnici (Istituto Tecnico E. Majorana e IIS E. Ascione) e in due classi quarte di un Liceo Scientifico (Liceo Scientifico Cannizzaro) di Palermo. Successivamente alla scelta delle classi, insieme ai docenti curriculari, è stata effettuata un'analisi, finalizzata ad individuare le conoscenze pregresse che gli studenti dovevano possedere per affrontare la trattazione dei concetti di base scelti e alcune potenziali difficoltà che potevano emergere nel processo di apprendimento. Queste informazioni sono state poi completate con un'analisi mirata ad adattare il progetto alla realtà formativa cui esso è rivolto, tenendo quindi in considerazione le problematiche riguardanti esigenze degli insegnanti e di programmazione, disponibilità di risorse e fruibilità degli strumenti e di materiali didattici.

Tenendo conto di tutte le informazioni raccolte, sono stati progettati due differenti moduli: il primo porta alla trattazione del legame chimico e delle interazioni intermolecolari, il secondo porta alla trattazione della delocalizzazione elettronica e delle

interazioni intermolecolari. Per la successiva attuazione dei due percorsi, è stato seguito lo schema operativo mostrato in fig. 2. Entrambi i moduli sono stati progettati secondo l'approccio IBSE+ descritto precedentemente e hanno avuto inizio con la somministrazione agli studenti di un questionario, mirato al raggiungimento di due diversi obiettivi: l'identificazione delle conoscenze alternative pregresse possedute dagli studenti e la valutazione dell'efficacia dell'apprendimento.

Il processo di valutazione dell'efficacia di un qualsiasi approccio didattico, è noto essere un compito molto complesso. Nel presente lavoro di ricerca, esistono due diversi fattori da valutare: il potenziale cambio di atteggiamento da parte degli studenti, legato all'utilizzo di esempi tratti dalla moderna ricerca scientifica e l'utilizzo di strategie Inquiry Based per introdurre i concetti base della chimica. Per entrambi i moduli progettati, la valutazione dell'efficacia riguardante i contenuti è stata realizzata con questionari progettati per il modulo specifico. La valutazione riguardante eventuali cambiamenti di percezione in merito alla moderna ricerca, è stata ricavata dai diari di bordo e da interviste agli studenti. Per quanto riguarda il primo criterio di valutazione, possono essere adottati metodi diversi, ciascun soggetto a limitazioni di vario tipo.

Per il legame chimico, sono presenti numerosi studi riguardanti alcune comuni misconcezioni, che, secondo la letteratura (27) (26) (23) (25), permangono anche dopo approcci didattici di tipo diverso.

Tutti i composti chimici sono formati da legami chimici che possono essere classificati tra due estremi di un intervallo: il legame covalente puro e quello ionico. Il tipo di legami presenti in una molecola, determina anche il tipo di forze intermolecolari e le proprietà macroscopiche delle sostanze e, per tale ragione, una corretta comprensione del legame chimico è fondamentale. L'analisi delle concezioni degli studenti al termine di un corso di chimica (23), mostra che per gli alunni tutti i legami chimici si dividono tra legami covalenti e ionici, senza identificare situazioni intermedie.

Nel caso del legame covalente è importante che gli studenti comprendano il meccanismo di condivisione di una o più coppie di elettroni (legato ad un bilanciamento di forze di attrazione e repulsione), che conferisce una maggiore stabilità ad entrambi gli atomi (infatti è richiesta energia per rompere il legame). Nella maggior parte dei libri di testo, tuttavia, viene indicata la regola dell'ottetto come principio guida per la realizzazione di un legame chimico e questo porta gli studenti a non prendere in considerazione le forze elettrostatiche e, ad esempio, a non considerare situazioni intermedie tra un legame

covalente puro e un legame ionico (legame covalente polare). Infatti, uno studio condotto da Peterson e Treagust (24), mostra come al termine di un corso di chimica, il 23% degli studenti di 17 anni ritiene che in tutti i legami covalenti le coppie di elettroni siano ugualmente condivise e questa misconcezione viene riscontrata anche in studenti al primo anno di università. La classificazione dei legami nelle due classi citate precedentemente (legame covalente puro e legame ionico), porta gli studenti a identificare il legame covalente polare come un legame covalente puro modificato, piuttosto che come una situazione intermedia tra i due estremi. L'utilizzo della regola dell'ottetto comporta anche che gli studenti pensino che l'atomo centrale sia l'unico ad aver bisogno di completare il suo guscio più esterno e non tengono in considerazione il raggiungimento della stabilità anche per gli altri atomi della molecola.

La formazione di un legame ionico, coinvolge il trasferimento di uno o più elettroni tra due atomi elettricamente neutri, per formare ioni positivi e negativi; l'attrazione elettrostatica tra ioni di carica opposta, porta alla formazione di composti ionici. In questo caso la misconcezione più comune tra gli studenti, non identifica differenze tra le formule di composti ionici e quelle di composti covalenti; non viene considerata la struttura tridimensionale dei cristalli ionici e la regola seguita per il trasferimento di elettroni rimane quella del raggiungimento dell'ottetto.

Inoltre, la non considerazione delle forze elettrostatiche nella formazione dei legami, produce un'altra misconcezione collegata alle interazioni intermolecolari. Infatti, molti studenti identificano le interazioni tra molecole come delle "forze" piuttosto che come dei legami. Questa concezione alternativa porta ad una difficoltà nella comprensione di alcune proprietà delle sostanze, direttamente collegate al tipo di interazione presente. Ad esempio, in alcuni studi (56) (26), è riportato come gli studenti riescano ad identificare la presenza dei legami a idrogeno tra le molecole, ma non collegano questa particolare interazione con alcune proprietà caratteristiche delle sostanze in cui esso è presente.

In questo lavoro è stato deciso di progettare il questionario utilizzando quesiti tratti da studi precedenti, eventualmente adattati, con cui confrontare i risultati. Nel caso della delocalizzazione elettronica, non sono presenti in letteratura riferimenti in merito alle possibili conoscenze alternative possedute dagli studenti, per cui il questionario è stato progettato in modo tale da valutare le competenze acquisite dagli studenti, piuttosto che una memorizzazione dei contenuti. Per la formulazione dei quesiti da inserire nel questionario, è stato adottato il formato "two-tier", in cui ogni quesito chiedeva agli

studenti di effettuare un'iniziale scelta tra due opzioni e successivamente di scegliere una tra quattro possibili motivazioni per la scelta precedente. Tale approccio si è dimostrato particolarmente efficace (24) per valutare non solo la conoscenza ma anche la comprensione di concetti specifici.

I questionari sono stati sottoposti a un processo di validazione suddiviso in due fasi: una Face Validation (82) e una Content Validation (83). La Face Validation ha come obiettivo verificare se i quesiti sono posti in modo tale che lo studente riesca a comprendere correttamente la domanda. È un tipo di validazione che si basa principalmente sulla comprensione del testo, piuttosto che sui contenuti; per tale ragione può essere effettuata anche da studenti che non hanno ancora affrontato lo studio dei contenuti didattici alla base dei vari quesiti. Questo tipo di validazione è stata effettuata somministrando il questionario a 5 alunni dello stesso livello scolastico di quelli che avrebbero partecipato alla sperimentazione. Ogni studente ha compilato il questionario in modo individuale ed è stato successivamente sottoposto ad un'intervista in cui gli è stato chiesto di spiegare il significato delle domande. Sulla base dei risultati di tali interviste, sono state apportate opportune modifiche ove necessario.

La Content Validation è una validazione contenutistica del questionario e viene effettuata da un minimo di 5 esperti disciplinari cui si chiede di rispondere alle domande e verificare che le risposte coincidano con i concetti che le domande mirano a far emergere. Il gruppo di esperti era formato da tre docenti di chimica delle scuole superiori e due docenti universitari che non hanno riscontrato problemi nella formulazione dei quesiti. Inoltre, è stato anche ottenuto un parere generale sulla formulazione dei quesiti, da parte di un esperto in didattica delle scienze.

4.1.1 Percorso didattico 1: il legame chimico e le interazioni intermolecolari.

Durata prevista: 12h

Requisiti

Per la realizzazione di questo specifico percorso, gli studenti devono essere in possesso dei seguenti concetti di base:

1. Atomo di Bohr;
2. Configurazione elettronica
3. Tavola periodica

4. Proprietà periodiche ad esclusione dell'elettronegatività;
5. Regola dell'ottetto e particolari caratteristiche dei gas nobili;
6. Strutture atomiche di Lewis.

Questionario

Il questionario utilizzato per la verifica delle conoscenze pregresse e per la valutazione dell'efficacia del percorso, stilato secondo le caratteristiche specificate nel paragrafo 4.1, è riportato in figura 3.

Il quesito D è stato tratto dall'articolo di Peterson e Tragust (24), mentre i quesiti n. A, B, C, E, I, J sono stati adattati dall'articolo di Barker e Millar (56) convertendo le domande aperte presenti in letteratura in quesiti nel formato two-tier (vedi paragrafo 4.1.1). I quesiti F, G e H sono stati formulati a partire dalla misconcezione più frequente riportata nell'articolo di Ozmen (26).

Gli studenti hanno contrassegnato il questionario con uno pseudonimo a loro scelta, in modo da rendere possibile l'abbinamento al corrispondente questionario utilizzato alla fine del percorso.

QUESTIONARIO 1

NOME	
COGNOME	
CLASSE	
DATA	

A. Un atomo di carbonio forma una molecola con l'idrogeno; scegli tra le due possibilità quella che secondo te esiste in natura:

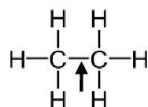
- (a) CH_4 (b) CH_2

La ragione della tua scelta è (fra le seguenti scegli quella che ti sembra più adatta):

1. La (a) perchè nella molecola, entrambi gli atomi C e H hanno completato il loro guscio esterno.
2. La (a) perchè nella molecola l'atomo di C completa il guscio.
3. La (b) perchè l'idrogeno esiste come H_2
4. La (a) perchè il C ha numero di ossidazione +4

Motiva la tua risposta:

B. Considera la seguente formula di struttura della molecola di etano, quale delle seguenti affermazioni descrive meglio il significato della linea indicata dalla freccia?

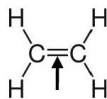


1. rappresenta un legame covalente singolo in cui ciascuno dei due atomi di C contribuisce con 1 elettrone alla formazione di una coppia di elettroni tra i due nuclei;
2. rappresenta un legame covalente singolo in cui un atomo di C dona 1 elettrone all'altro atomo di C;
3. rappresenta un legame chimico tra i due atomi di C;
4. rappresenta un legame ionico tra i due atomi di C.

Motiva la tua risposta:

Figura 3a – questionario percorso 1 – pag. 1

- C. Considera la seguente formula di struttura della molecola di etene, quale delle seguenti affermazioni descrive in maniera più accurata il significato delle due linee indicate dalla freccia?



1. rappresenta un legame covalente doppio in cui due atomi di C contribuiscono ciascuno con 2 elettroni alla formazione di due coppie di elettroni di legame;
2. rappresenta un legame chimico doppio tra due atomi di C;
3. rappresenta un legame covalente doppio in cui un atomo di C dona 2 elettroni all'altro atomo di C;
4. rappresenta un legame ionico doppio tra i due atomi di C.

Motiva la tua risposta:

- D. In quale delle seguenti immagini è rappresentata più accuratamente la posizione della coppia di elettroni condivisa nella molecola HF?



La ragione della tua scelta è:

1. Gli elettroni di non legame influenzano la posizione delle coppie di elettroni di legame o condivise;
2. L'atomo di idrogeno e quello di fluoro formano un legame covalente e quindi la coppia di elettroni deve essere localizzata alla stessa distanza tra i due atomi;
3. Il fluoro ha un'attrazione maggiore per la coppia di elettroni condivisa;
4. Il fluoro è più grande dei due atomi e quindi esercita un maggiore controllo sulla coppia di elettroni condivisa.

Motiva la tua risposta:

- E. Se del sodio (Na) metallico riscaldato viene a contatto con del cloro gassoso (Cl₂), avviene una violenta reazione in cui si forma una sostanza bianca, il cloruro di sodio (NaCl). Scegli tra le seguenti la migliore rappresentazione del composto che si forma:



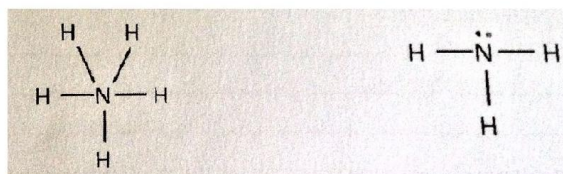
La ragione della mia scelta alla domanda precedente è:

1. Perché entrambi gli atomi raggiungono l'ottetto;
2. Perché per formare un composto, si deve formare un legame covalente;
3. Perché un elettrone è trasferito dal Sodio al Cloro formando un legame ionico;
4. Perché avviene una reazione redox.

Figura 3b – questionario percorso 1 – pag. 2

Motiva la tua risposta:

F. L'azoto è un elemento del V gruppo e forma un composto con l'idrogeno. Quale delle seguenti rappresenta la formula di struttura del composto?



a)

b)

La ragione della tua scelta è:

1. Perché l'atomo di azoto può condividere 5 coppie di elettroni;
2. Perché l'atomo di azoto condivide 3 coppie di elettroni per raggiungere l'ottetto;
3. Perché condividendo 5 elettroni non ci sono elettroni spaiati e l'atomo di azoto è stabile;
4. Perché gli elettroni accoppiati non formano legami.

Motiva la tua risposta:

G. La molecola dell'anidride carbonica CO_2 , è polare?

(a) SI (b) NO

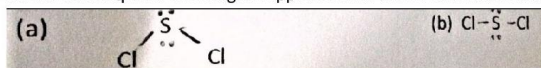
La ragione della tua scelta è:

1. Perché è formata da legami covalenti polari
2. Perché è formata da legami covalenti non polari
3. Perché le polarità dei legami si annullano
4. Perché le polarità dei legami non si annullano

Motiva la tua risposta:

Figura 3c – questionario percorso 1 – pag. 3

H. Scegli tra le seguenti due strutture quella che meglio rappresenta la forma della molecola SCl_2 :



La ragione della tua scelta è:

1. La forma della molecola è determinata dalla repulsione tra le coppie di elettroni di legame e di non legame;
2. La forma della molecola è determinata dalla repulsione tra le coppie di elettroni di non legame;
3. I due legami S-Cl si respingono in modo uguale
4. Il cloro ha una elettronegatività più alta rispetto allo zolfo e questo influenza la forma della molecola.

Motiva la tua risposta:

I. Il cloruro di magnesio (MgCl_2) è un composto ionico, mentre il cloruro di titanio (TiCl_4) è un composto covalente. Quando una miscela di eguali quantità delle due sostanze viene riscaldata, la fase vapore conterrà:

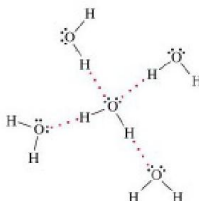
- (a) Uguali quantità dei due composti (b) prevalentemente molecole di TiCl_4

La ragione della tua scelta è:

1. Perché la diversa natura di legami intramolecolari non influenza le forze intermolecolari;
2. Perché le forze di interazione tra molecole sono più deboli delle forze di attrazione fra ioni presenti nel sale fuso;
3. Perché è più facile rompere i legami covalenti e quindi portare in fase vapore atomi di titanio e di cloro;
4. Perché sono entrambi cloruri, quindi si comportano in modo simile.

Motiva la tua risposta:

J. Considera la seguente immagine:



quale delle seguenti affermazioni
tratteggiata?

descrive meglio il significato della linea

1. Rappresenta un legame debole tra le molecole;
2. Rappresenta un legame a idrogeno;
3. Rappresenta una forza di attrazione dipolo-dipolo, perché l'acqua è una molecola polare;
4. Rappresenta un legame dativo tra le molecole d'acqua.

Motiva la tua risposta:

Figura 3d – questionario percorso 1 – pag. 4

Seminario introduttivo

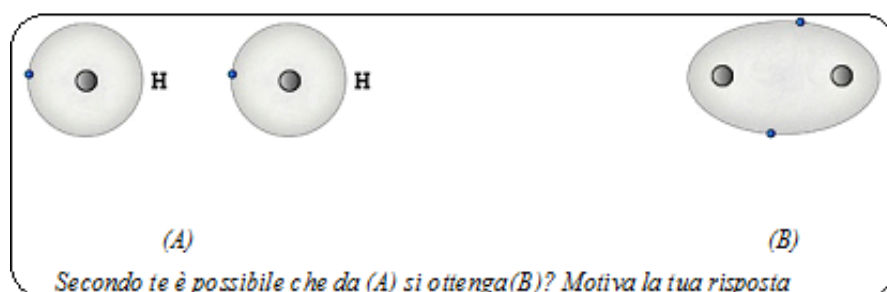
È stato preparato un seminario della durata di due ore, che illustrasse le nanotecnologie e gli esempi specifici scelti. Il seminario è stato progettato in modo da garantire l'interattività all'interno della classe, in quanto gli studenti hanno guardato brevi porzioni di un video, al termine dei quali sono stati sollecitati a porre domande, le cui risposte sono emerse al termine del seminario, o, nella maggior parte dei casi, sono state ottenute dagli alunni stessi al termine del percorso. Tali esempi sono stati introdotti in momenti differenti, in quanto la naftalocianina è stata trattata insieme alle catene formate da molecole di benzene, confrontando questi componenti elettronici molecolari con i componenti convenzionali a base di silicio e rame, mentre il nanorobot è stato presentato come il possibile futuro delle terapie anticancro. In base a quale modulo doveva poi essere sviluppato nella classe, durante la presentazione sono stati particolarmente sottolineati aspetti diversi collegati al legame chimico, alla delocalizzazione o alle interazioni intermolecolari.

Fasi successive della sperimentazione in classe

Successivamente alla fase Engage+, in cui gli studenti sono stati introdotti nel campo di ricerca delle nanotecnologie in modo da essere adeguatamente incuriositi e stimolati, si sono succedute le altre fasi dell'approccio IBSE tramite l'utilizzo di schede progettate insieme ai docenti. Nel seguito sono riportate le domande stimolo inserite all'interno delle schede, ciascuna collegata con la corrispondente fase del ciclo delle 5E.

Scheda n. 1 (Fase Explore)

Domanda stimolo n. 1



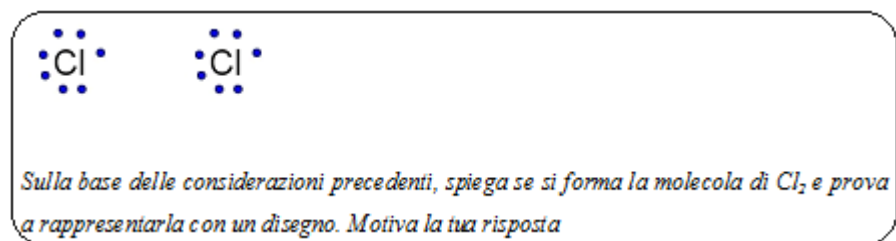
Questa domanda aveva come obiettivo quello di far emergere il concetto che due atomi sono stabili quando il loro guscio di valenza è completo e, per raggiungere tale obiettivo, i due atomi tendono a formare dei legami.

Scheda n. 1 (Fase Explain)

Dopo una breve riflessione individuale, il docente curricolare ha avviato una discussione, al termine della quale, in entrambe le classi coinvolte nella sperimentazione, è emerso il collegamento tra la stabilità degli atomi e la necessità che il loro guscio esterno sia completo. Al termine della discussione, il docente curricolare ha definito il legame covalente omopolare con il corretto linguaggio formale.

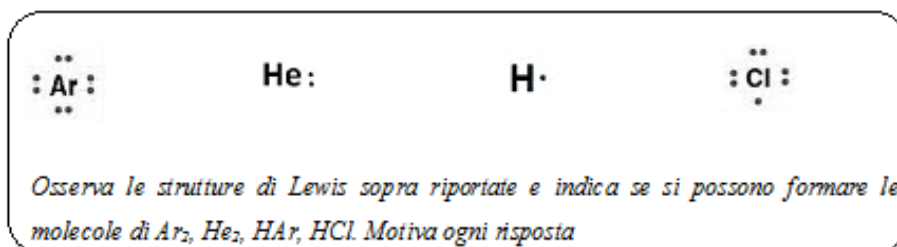
Scheda n. 1 (Fase Elaborate)

Domanda stimolo n. 2



L'obiettivo della domanda è di applicare il concetto di stabilità degli atomi grazie al completamento del loro guscio di valenza per formazione di un legame chimico, anche agli atomi plurielettronici. Anche in questo caso, agli studenti è stato dato del tempo per una riflessione individuale.

Scheda n. 2 (Fase Elaborate)



Per completare la fase Elaborate (in cui si devono applicare i concetti appresi in contesti più complessi), è stata consegnata agli studenti la seconda scheda come compito per casa, con l'obiettivo di verificare la corretta comprensione del legame covalente anche

per molecole biatomiche formate da atomi differenti. La discussione in merito alla domanda riportata è stata effettuata all'inizio della lezione successiva.

Scheda n. 3 (Fase Explore).

Domanda stimolo n. 1

H·

$\begin{array}{c} \cdot\cdot \\ \text{:Cl:} \\ \cdot \end{array}$

Considera i due atomi sopra riportati. Identifica la loro posizione nella tavola periodica e trascrivi nella tabella le loro proprietà periodiche

<i>PROPRIETA'</i>	<i>VALORE</i>

L'obiettivo di questa domanda è far emergere le differenze in termini di Energia di Ionizzazione e Affinità Elettronica tra i due atomi riportati, in modo da poter introdurre il concetto di elettronegatività come combinazione dei due valori. Dopo una breve riflessione individuale, il docente ha avviato una breve discussione dalla quale è emerso che le differenze in termini delle due proprietà periodiche precedentemente citate, porterà anche ad un diverso comportamento dei due atomi nei confronti della possibilità di acquisire o cedere elettroni. Il docente ha quindi introdotto il concetto di elettronegatività, facendo completare la tabella anche con il valore di questa proprietà periodica riferita ai due atomi.

Domanda stimolo n. 2

Prendendo in considerazione ciò che hai appena ascoltato, il legame che si forma tra H e Cl, che analogie e differenze presenta rispetto a quello formato tra due atomi di idrogeno?

<i>ANALOGIE</i>	<i>DIFFERENZE</i>

La seconda domanda presente nella scheda n. 3, aveva l'obiettivo di far emergere l'influenza della differenza di elettronegatività tra l'atomo di idrogeno e quello di cloro e la sua influenza sugli elettroni condivisi.

Scheda n. 3 (Fase Explain)

Al termine della riflessione individuale, il docente curriculare ha avviato una discussione alla cui conclusione, in entrambe le classi oggetto della sperimentazione, è emerso che l'atomo di cloro esercita una maggiore attrazione nei confronti degli elettroni condivisi, in quanto possiede una elettronegatività maggiore.

Scheda n. 4 (Fase Elaborate)

Domanda stimolo

*Considera l'atomo di Ossigeno (VI gruppo della tavola periodica) e l'atomo di N (V gruppo della tavola periodica) e spiega la formazione delle molecole O_2 ed N_2 .
Motiva la tua risposta*

In questo caso, la domanda stimolo utilizzata per la fase Elaborate, è stata consegnata agli studenti come compito per casa. L'obiettivo del quesito era l'applicazione del concetto di legame covalente anche nel caso di legami multipli. Dalla discussione effettuata all'inizio della lezione successiva, è emerso che la maggior parte degli studenti aveva correttamente svolto il compito.

Scheda n. 5 (Explore)

La lezione in cui è stata sottoposta agli studenti questa scheda, si è svolta in aula informatica, in quanto è stata anche utilizzata un'esercitazione al computer tratta da Molecular Workbench (38) e ha avuto come oggetto il legame covalente polare. In questa esercitazione, è stata presentata agli studenti una molecola biatomica in cui i due atomi coinvolti non erano specificati. Una ombreggiatura delineava i contorni della nuvola elettronica condivisa. Con l'ausilio di una tavola periodica interattiva, gli studenti dovevano inserire atomi differenti e rispondere alla domanda seguente:

Domanda stimolo

Osserva ciò che avviene al legame tra i due atomi al variare di ΔE e scrivi nella tabella seguente le tue osservazioni motivando le risposte.

ΔE	OSSERVAZIONI
$\Delta E = 0$	
$0 < \Delta E < 1$	
$1 < \Delta E < 1,9$	
$1,9 < \Delta E < 2,3$	
$\Delta E > 2,3$	

L'obiettivo era quello di mettere in evidenza la deformazione della nube elettronica al variare differenza di elettronegatività tra i due atomi. La scheda è stata utilizzata come base per la trattazione del legame covalente polare e del legame ionico.

Scheda n. 5 (Explain)

Dopo aver lasciato agli studenti del tempo per una riflessione individuale e per svolgere l'esercitazione, il docente curriculare ha avviato la discussione, dalla quale, in entrambe le classi in cui è stato sperimentato il percorso, è emerso correttamente che, in presenza di una differenza di elettronegatività tra i due atomi, gli elettroni di legame non

sono uniformemente distribuiti ma vengono maggiormente attratti dall'atomo più elettronegativo. Nel caso limite in cui la differenza di elettronegatività è elevata (in questo caso si è considerato il valore 1,9 come soglia per la definizione del legame ionico), si osservava un trasferimento elettronico completo. In questo modo, il docente curriculare ha introdotto il legame covalente polare e il legame ionico, specificando che si tratta sempre di un legame chimico che si differenzia per la diversa elettronegatività degli atomi coinvolti.

Scheda n. 6 (Elaborate)

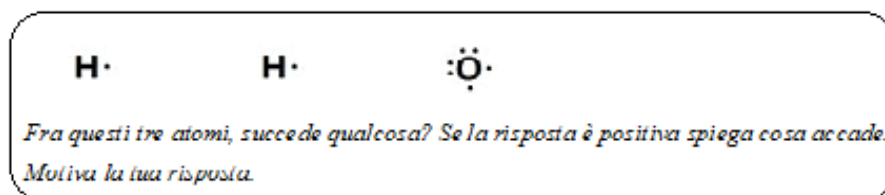
Domanda stimolo

*Identifica il tipo di legame presente nei seguenti composti: NaCl, CO, Al₂O₃, P₄.
Motiva le tue risposte*

L'obiettivo della domanda era di verificare che gli studenti fossero in grado di riconoscere i vari tipi di legami presenti all'interno delle molecole presentate. La scheda è stata lasciata come consegna per casa e la discussione è avvenuta all'inizio della lezione successiva.

Scheda n. 7 (Fase Explore)

Domanda stimolo n. 1



L'obiettivo della prima domanda stimolo, era quello di cominciare ad ampliare la possibilità di costruire le molecole, utilizzando i concetti precedentemente appresi, e introdurre l'idea di una struttura molecolare. Come nei precedenti casi, agli studenti è stato dato del tempo per una riflessione individuale.

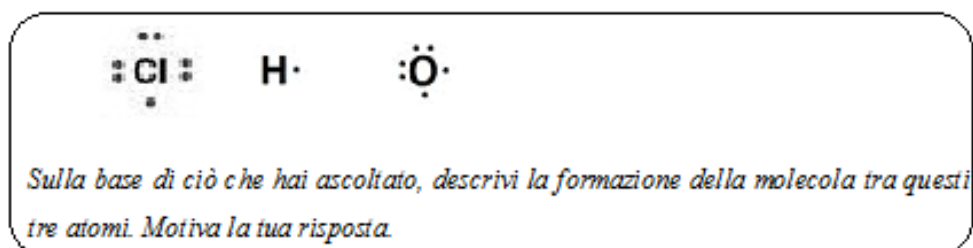
Scheda n. 7 (Fase Explain)

Al termine della riflessione individuale, il docente curriculare ha avviato una discussione con l'obiettivo di verificare se gli alunni avevano correttamente formato la

molecola di acqua utilizzando le loro conoscenze sui legami. In entrambe le classi coinvolte, quasi tutti gli alunni hanno correttamente disegnato la struttura di Lewis della molecola d'acqua. Al termine della discussione, il docente curriculare ha definito cosa si intende per “struttura di Lewis della molecola”.

Scheda n.7 (Elaborate)

Domanda stimolo n. 2



L'obiettivo della domanda stimolo era verificare la corretta comprensione del concetto di struttura di Lewis nel caso di una molecola più complessa. Gli studenti hanno avuto del tempo per rispondere alla domanda, e successivamente è stata avviata la discussione, in cui il docente curriculare ha verificato che la maggior parte degli studenti aveva correttamente disegnato la struttura della molecola.

Scheda n. 8 (Fase Elaborate)

Domanda stimolo

Scrivi la struttura di Lewis di NH_3 e HNO_2 . Spiega il procedimento utilizzato.

L'obiettivo della domanda stimolo era di applicare il concetto di struttura delle molecole a casi più complessi. Questa scheda è stata assegnata agli studenti come consegna per casa e la discussione è avvenuta all'inizio della lezione successiva. La maggior parte degli alunni ha correttamente disegnato le formule di struttura richieste.

Scheda n.9 (Explain)

Domanda stimolo

Scrivi la struttura di Lewis della molecola HClO_2 . Descrivi il procedimento utilizzato.

L'obiettivo della domanda era l'introduzione del concetto di legame dativo. Anche in questo caso, al termine della riflessione individuale, il docente curriculare ha avviato una discussione con l'obiettivo di far emergere che un atomo stabile può condividere un doppietto elettronico formando un legame covalente con un altro atomo. In questo caso, in entrambe le classi gli studenti non sono stati in grado di fornire una risposta adeguata alla domanda stimolo e entrambi i docenti curricolari hanno avuto la necessità di introdurre il legame dativo al termine della discussione.

Scheda n. 10 (Fase Elaborate)

Domanda stimolo

Scrivi la struttura di Lewis della molecola HNO_3 e HClO_4 , evidenziando l'eventuale presenza di legami dativi. Descrivi il procedimento utilizzato

L'obiettivo della domanda era di verificare la corretta comprensione del legame dativo, assegnando agli studenti una consegna per casa in cui era necessario utilizzare i concetti precedentemente appresi in un contesto differente e più complesso. La discussione in merito alla consegna è stata effettuata all'inizio della lezione successiva e la maggior parte degli studenti aveva correttamente disegnato la struttura delle molecole indicate, identificando i legami dativi.

Scheda n.11 (Explore)

La lezione successiva a quella in cui è stato trattato il legame dativo, aveva come obiettivo l'introduzione della geometria molecolare ed è stata realizzata utilizzando dei palloncini per formare le molecole. Inizialmente è stato chiesto agli studenti di rispondere alla domanda stimolo riportata nel seguito, in modo individuale:

Domanda stimolo

Scrivi la struttura di Lewis delle seguenti molecole: CO_2 , BF_3 , CH_4 , NH_3 , H_2O

Successivamente, gli studenti sono stati suddivisi in gruppi di massimo 4 componenti, a ciascuno dei quali sono stati consegnati 4 palloncini dello stesso colore. Il docente curriculare ha spiegato come ogni palloncino rappresentava una coppia di elettroni di legame (con la convenzione che i doppi legami si identificano con un solo palloncino in

quanto sono posizionati parallelamente, per cui la loro direzione nei confronti dell'atomo centrale è identica). Ogni gruppo ha quindi realizzato la struttura delle prime tre molecole indicate nella domanda stimolo, unendo i palloncini e immaginando che il punto di unione fosse l'atomo centrale. In questo modo, hanno verificato la disposizione spontanea dei palloncini secondo una struttura lineare, triangolare e tetraedrica rispettivamente. In seguito, il docente curriculare ha consegnato agli alunni due palloncini di colore differente e di dimensione leggermente maggiore rispetto ai precedenti, identificandoli come coppie di elettroni di non legame. Analogamente è stato chiesto ai gruppi di rappresentare le ultime due molecole indicate nella domanda stimolo. In questo caso, gli studenti hanno notato come, la maggiore dimensione dei palloncini che rappresentavano le coppie di elettroni di non legame, portava ad una modifica degli angoli nelle strutture precedentemente identificate.

Scheda n.11 (Explain-Elaborate)

Al termine dell'esercitazione, il docente curriculare ha introdotto i punti fondamentali della teoria V.S.E.P.R. utilizzando il corretto linguaggio formale. Al termine della spiegazione, è stata assegnata una consegna agli studenti utilizzando esercizi presenti all'interno del libro di testo, che chiedevano di identificare la corretta geometria molecolare di alcune molecole.

Scheda n.12 (Explore)

La lezione si è svolta nel laboratorio chimico presente all'interno degli Istituti in cui si è svolta la sperimentazione. Gli studenti hanno osservato una dimostrazione con l'obiettivo di guidarli verso la comprensione della polarità delle molecole. La dimostrazione prevedeva la presenza di due burette, riempite con un liquido polare (acqua) e con un liquido apolare (n-esano); agli alunni non è stato specificato quale sostanza sia presente all'interno delle burette. Il tecnico di laboratorio ha iniziato l'esperienza aprendo il rubinetto di entrambe le burette e mostrando come, in uno dei due casi, la presenza di una bacchetta di vetro precedentemente caricata per strofinio, provocava una deviazione del flusso del liquido. Inoltre, prima di iniziare la dimostrazione, il tecnico aveva posto 2 ml di entrambi i liquidi in due vetrini da orologio, chiedendo a due studenti di cronometrare il tempo necessario affinché l'evaporazione fosse completa. L'obiettivo della dimostrazione

era far emergere il concetto di sostanza polare e collegare tale polarità con le diverse interazioni intermolecolari tramite il fenomeno dell'evaporazione.

Al termine della dimostrazione, agli studenti è stato dato del tempo per una riflessione individuale e per compilare la scheda con la domanda stimolo riportata nel seguito.

Domanda Stimolo

Osserva bene cosa accade durante la dimostrazione alla quale assisterai e descrivi cosa accade motivando la tua risposta.

Scheda n. 12 (Fase Explain)

Il docente curriculare ha avviato la discussione, con l'obiettivo di far emergere inizialmente il concetto di molecola polare e, successivamente, il collegamento tra le proprietà delle molecole polari e il fenomeno di evaporazione. Per quanto riguarda il primo obiettivo, al termine della discussione la maggior parte degli studenti aveva evidenziato come il liquido che subiva una deviazione a causa della vicinanza con la bacchetta di vetro elettrificata, doveva necessariamente possedere molecole con una separazione di carica. Il docente curriculare ha quindi collegato la presenza di tale separazione di carica con la geometria molecolare e con la simmetria delle molecole. Per quanto riguarda il collegamento tra l'evaporazione più lenta e la polarità delle molecole, dalla discussione è emerso che le molecole con una separazione di carica potevano attrarsi tra di loro e quindi in questo modo si spiegava l'evaporazione più lenta.

Scheda n. 12 (Fase Elaborate)

Agli studenti è stata assegnata una consegna per casa in cui si chiedeva di identificare le molecole polari all'interno di quelle precedentemente utilizzate per illustrare la geometria molecolare. La discussione si è svolta all'inizio della lezione successiva, dalla quale è emerso che la maggior parte degli studenti aveva correttamente identificato le molecole polari.

Durante le due lezioni successive, gli studenti hanno svolto delle esercitazioni al computer, tratte sempre da Molecular Workbench (38) con l'obiettivo di trattare le

interazioni intermolecolari. Le esercitazioni sono state selezionate all'interno di un blocco riguardante l'argomento scelto e sono riportate nelle figure 4-6.

Esercitazione n. 1 (Fase Explore)

L'esercitazione chiedeva agli studenti di verificare la forza necessaria per separare due molecole; la coppia di molecole può essere variata e prevedeva la possibilità di scegliere tra due molecole polari, due molecole non polari e una coppia formata da una molecola polare e una non polare (vedi figura 4).

Esercitazione n. 1 (Fase Explain)

Al termine dell'esercitazione, il docente curriculare ha avviato la discussione dalla quale doveva emergere che è necessaria una maggiore forza per separare due molecole polari. Al termine della discussione, la maggior parte degli studenti aveva correttamente collegato il concetto di polarità con la presenza di interazioni intermolecolari di più intense e il docente curriculare ha definito tali interazioni in modo formale.

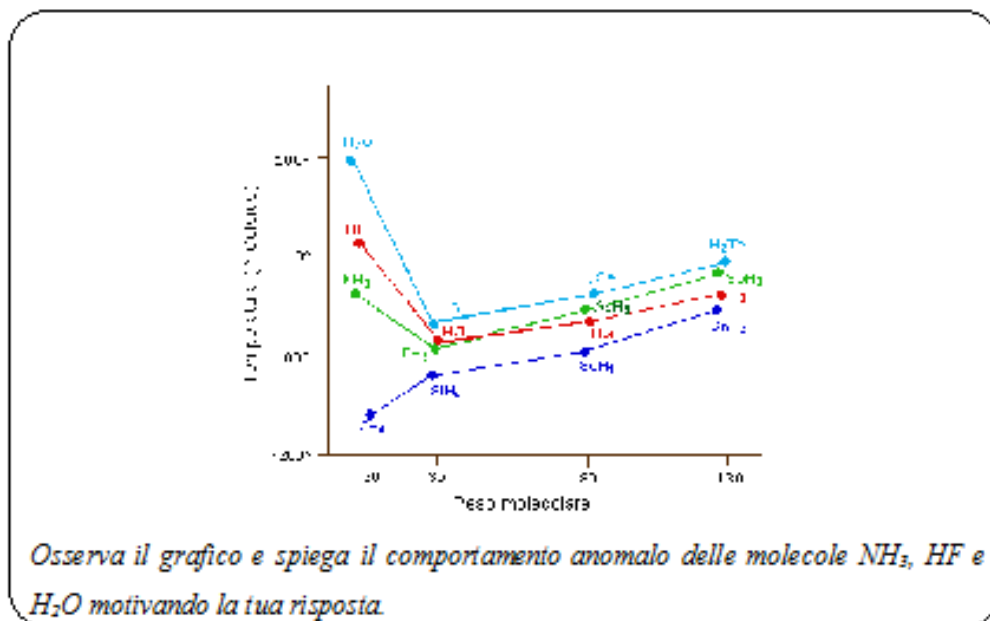
Esercitazione n. 2 (Fase Elaborate)

La seconda esercitazione era centrata sul differente comportamento di gruppi di molecole polari e apolari in presenza di un aumento della temperatura; l'obiettivo era quello di far applicare agli studenti il concetto di interazioni intermolecolari per spiegare le differenze in termini di punti di ebollizione delle sostanze. Il testo è riportato nella figura 5.

Al termine dell'esercitazione, il docente ha avviato una discussione durante la quale è emerso che le sostanze formate da molecole polari hanno punti di ebollizione più alti, in quanto è necessaria una maggiore energia per vincere le interazioni intermolecolari dipolo-dipolo.

Scheda n. 13 (Fase Explore)

Domanda stimolo



L'obiettivo della domanda stimolo, era l'introduzione del concetto di legame a idrogeno, partendo dalle anomalie in merito alle temperature di ebollizione presentate dalle sostanze indicate nella domanda stimolo. Agli studenti è stato dato del tempo per una riflessione individuale e successivamente è stata avviata la discussione.

Scheda n. 13 (Fase Explain)

La discussione aveva come obiettivo l'identificazione di un'interazione intermolecolare di entità maggiore presente tra le molecole di NH₃, HF e H₂O e tale concetto è correttamente emerso in questa fase. Il docente curriculare ha, quindi, introdotto il legame a idrogeno.

Esercitazione n. 3 (Fase Elaborate)

L'obiettivo di questa esercitazione, era utilizzare la presenza del legame a idrogeno per spiegare il comportamento particolare di alcune molecole biologiche come il DNA. L'esercitazione effettuata dagli studenti è riportata in figura 6 e al termine la maggior parte degli alunni aveva spiegato in modo corretto che la stabilità dell'alfa elica del DNA è attribuibile alla presenza di legami a idrogeno tra le basi azotate che lo compongono.

Inoltre, alcuni studenti hanno anche collegato la presenza di interazioni interne alla molecola di DNA con la possibilità che la molecola possa interagire allo stesso modo dalla parte esterna. In questo modo gli studenti hanno compreso il modo in cui è stato progettato il nanorobot presentato durante la fase Engage+.

Intermolecular Attractions: Comparing Dipole-Dipole to London Dispersion

< PREV NEXT > PAGE index 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

There are two categories of intermolecular attractions:

- Dipole-dipole = the attractive force between polar molecules
- London dispersion = the attractive force between non-polar molecules

There is a weak attraction between all atoms and molecules called London dispersion. Polar molecules additionally attract via dipole-dipole attractions. Together, the London dispersion and dipole-dipole attraction are what we call intermolecular attractions.

In the previous model, time was standing still, so you could explore when intermolecular attractions form. In this model the molecules will be allowed to feel those attractions and move accordingly. Use the model below to explore the differences in the strength of London dispersion and dipole-dipole attractions for molecules of similar size.

You will pull apart pairs of polar and non-polar molecules to see the different strengths of attraction.

Choose a pair of molecules from the menu below.

Separate the molecules from each other by dragging the one attached to the green star. The other molecule is fixed in place so it won't move.

- choose a pair of molecules using the menu
- use the arrow keys to pull the star around (If the star doesn't move, click on it.)
- use the "a" key to increase the pulling force and the "d" key to decrease it

select a pair of molecules reset

<p>What is the primary attraction between NON-POLAR molecules:</p> <p><input type="radio"/> A. London Dispersion attraction</p> <p><input type="radio"/> B. dipole-dipole attraction</p> <p><input type="radio"/> C. gravitational attraction</p> <p><input type="radio"/> D. magnetic attraction</p>	<p>What is the primary attraction between POLAR molecules:</p> <p><input type="radio"/> A. London Dispersion attraction</p> <p><input type="radio"/> B. dipole-dipole attraction</p> <p><input type="radio"/> C. gravitational attraction</p> <p><input type="radio"/> D. magnetic attraction</p>	<p>Which type of intermolecular attraction is strongest:</p> <p><input type="radio"/> A. London Dispersion attraction</p> <p><input type="radio"/> B. dipole-dipole attraction</p> <p><input type="radio"/> C. gravitational attraction</p> <p><input type="radio"/> D. magnetic attraction</p>
--	--	--

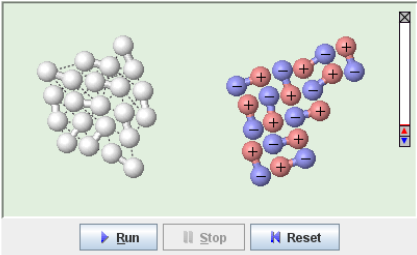
Figura 4 - .Esercitazione n. 1 – polarità delle molecole

Intermolecular Attractions: Boiling Point and Solubility

< PREV NEXT > PAGE index 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Boiling point and solubility are two physical properties that are determined by intermolecular attractions. Did you ever wonder why liquid nitrogen is so cold or why oil and water don't mix? Explore below.

Intermolecular Attractions and Boiling Point



▶ Run
⏸ Stop
↺ Reset

❄ Cool
🔥 Heat

To the left are two tiny drops of liquid, one polar and the other non-polar. By heating up these liquids you can vaporize them (or boil them), causing the molecules to break free of their intermolecular attractions. You know that something has been vaporized when most of its molecules have broken free of their attractions. Pressing the heat and cool buttons will change the temperature of these liquids.

Try heating the liquids slowly to see which one will vaporize first.

Which liquid boiled first (i.e. had the lowest boiling point):

☐ A. The polar liquid boiled first.

☐ B. The non-polar liquid boiled first.

☐ C. They both boiled at the same time.

Check Answer

Explain how intermolecular attractions affect the boiling point of a substance.


Figura 5 - Esercitazione n. 2 – Riscaldamento di sostanze polari e apolari

Intermolecular Attractions: Hydrogen Bonds in DNA

< PREV

NEXT >

PAGE index 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10



The DNA found in your cells is made from two long molecules twisting around each other to form a double-helix. In order to read the DNA code, the two strands must separate and then come back together. This unzipping of DNA strands is easily done because they are attracted with hydrogen bonds.

DNA bases are attracted by hydrogen bonds (a form of polar attraction)

A-T

G-C

A single DNA strand is a molecule that is made by linking together four other molecules called bases. One strand of DNA can have many thousands of bases linked together. The four bases are given single letter abbreviations and colored in the following way for the model below:

A = Adenine
T = Thymine
G = Guanine
C = Cytosine

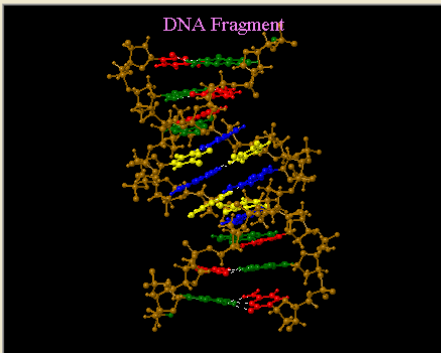
Surface Charge

- +

Surface Charge

- +

DNA Fragment



Color Key

Bases	Elements
A	Carbon
T	Hydrogen
G	Nitrogen
C	Oxygen
backbone	Phosphorus

Instructions

Explore the DNA fragment using the controls below and then answer the question.

To rotate: click and drag
To zoom: hold down shift and drag

Show

☒ DNA double strand
 ☐ One A-T pair
 ☐ One strand only
 ☐ One G-C pair
 ☐ Other strand only

Color Scheme

☒ Bases
 ☐ Elements

H-bonds

☒ On
 ☐ Off

Which pair of bases is held together more strongly: C and G, or A and T? How do you know?

Hint

Figura 6 - Esercitazione n. 3 – Il legame a idrogeno nelle molecole di DNA

a70

Questionario in uscita

È stato utilizzato lo stesso questionario iniziale, invitando gli studenti a contrassegnarlo con lo stesso pseudonimo utilizzato nel questionario in ingresso.

4.1.2 Percorso didattico 2: la delocalizzazione elettronica e le interazioni intermolecolari.

Durata prevista: 10h

Requisiti

Per la realizzazione di questo specifico percorso, gli studenti devono essere in possesso dei seguenti concetti di base:

1. Definizione di molecola e composto;
2. Tavola periodica;
3. Legami intramolecolari: covalente e ionico;
4. Cenni sulle reazioni chimiche;
5. Strutture molecolari di Lewis.

Questionario

Il questionario utilizzato per la verifica delle conoscenze pregresse e per la valutazione dell'efficacia del percorso, stilato secondo le caratteristiche specificate nel paragrafo 4.1, è riportato in figura 7.

Per questo percorso non è stato possibile, come nel caso del percorso 1, fare riferimento a dati di letteratura riguardanti le più comuni misconcezioni. Di conseguenza le domande sono state formulate tenendo conto esclusivamente dei contenuti che sarebbero stati trattati nel percorso.

Gli studenti hanno contrassegnato il questionario con uno pseudonimo a loro scelta, in modo da rendere possibile l'abbinamento al corrispondente questionario utilizzato alla fine del percorso.

QUESTIONARIO 1

NOME	
COGNOME	
CLASSE	
DATA	

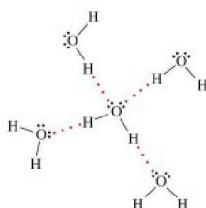
- A. Il cloruro di magnesio (MgCl_2) è un composto ionico, mentre il cloruro di titanio (TiCl_4) è un composto covalente. Quando una miscela di eguali quantità delle due sostanze viene riscaldata, la fase vapore conterrà:
- (a) Uguali quantità dei due composti (b) prevalentemente molecole di TiCl_4

La ragione della tua scelta è:

1. Perché la diversa natura dei legami intramolecolari non influenza le forze intermolecolari;
2. Perché le forze di interazione tra molecole sono più deboli delle forze di attrazione fra ioni presenti nel sale fuso;
3. Perché è più facile rompere i legami covalenti e quindi portare in fase vapore atomi di titanio e di cloro;
4. Perché sono entrambi cloruri, quindi si comportano in modo simile.

Motiva la tua risposta:

- B. Considera la seguente immagine:



quale delle seguenti affermazioni
tratteggiata?

descrive meglio il significato della linea

1. Rappresenta un legame debole tra le molecole;
2. Rappresenta un legame a idrogeno;
3. Rappresenta un legame dipolo-dipolo, perché l'acqua è una molecola polare;
4. Rappresenta un legame dativo tra le molecole d'acqua.

Motiva la tua risposta:

Figura 7a – questionario percorso 2 – pag. 1

C. La mioglobina è una proteina globulare; la struttura globulare è data dalla presenza di porzioni della molecola con struttura ad alfa elica e porzioni con struttura a beta foglietto. L'esistenza di due tipi di struttura secondaria è dovuta a:

1. Per alcuni aminoacidi prevalgono interazioni fra atomi della stessa catena, mentre per altri prevalgono le interazioni fra catene diverse;
2. Perché la mioglobina deve chiudersi a "gomitolo" per poter esplicare la sua azione;
3. Perché le zone ad alfa elica hanno una funzione diversa rispetto alle zone a beta foglietto;
4. Non c'è una regola stabilita, le catene proteiche assumono casualmente le diverse strutture.

Motiva la tua risposta:

D. La molecola del licopene (il pigmento responsabile del colore rosso del pomodoro) contiene un gran numero di doppi legami coniugati. Aggiungendo bromo al licopene, mentre la reazione procede si osserva un progressivo cambiamento di colore dal giallo, al verde, al blu. Tenendo conto che il bromo si addiziona ai doppi legami trasformandoli in legami singoli, scegli tra le seguenti l'affermazione che meglio spiega il fenomeno.

1. La reazione con il bromo provoca una progressiva decomposizione del licopene in altre molecole;
2. All'aumentare del numero dei doppi legami di una certa catena che si rompono, progressivamente diminuisce il grado di coniugazione;
3. Poiché anche il bromo è colorato, il colore della miscela dei due composti è la combinazione dei due colori;
4. Per via della reazione il bromo molecolare produce ioni bromuro che sono responsabili del colore.

Motiva la tua risposta:

E. Secondo la tradizione, Kekulé suggerì che il benzene avesse una struttura ciclica, dopo aver sognato l'immagine di un serpente che si morde la coda. Questa ipotesi contribuì a chiarire alcune evidenze sperimentali altrimenti inspiegabili. Inoltre, fu presto messo in evidenza, che questa struttura ciclica contenesse doppi legami alternati e che fosse quindi possibile rappresentarla mediante formule di risonanza.

Quale delle seguenti proprietà del benzene può essere interpretata solo in termini di una struttura ciclica con doppi legami delocalizzati?

1. Tutti gli atomi di carbonio si comportano in modo identico verso opportune reazioni chimiche (per esempio l'addizione di un alogeno);
2. Le lunghezze di legame sono tutte uguali;
3. L'anello del benzene risulta particolarmente poco reattivo in reazioni che comportano la rottura dei doppi legami;
4. Il benzene cristallino forma strutture simili a quelle della grafite.

Motiva la tua risposta:

Figura 7b – questionario percorso 2 – pag. 2

F. Considera due molecole polari, libere di muoversi. E' possibile che a causa delle interazioni intermolecolari le due molecole tendano ad assumere delle particolari orientazioni reciproche?

1. Sì perché le molecole si muovono casualmente, quindi assumeranno tutte le possibili orientazioni;
2. No perché il movimento richiede temperature eccessivamente elevate;
3. Sì perché i dipoli tendono ad allinearsi;
4. Sì perché le molecole tendono a occupare il minimo spazio possibile.

Motiva la tua risposta:

G. I polimeri si ottengono collegando insieme in lunghe catene, un gran numero di piccoli gruppi di atomi chiamati monomeri. I polimeri possono assumere diverse conformazioni nello spazio; poiché le interazioni fra i monomeri sono di tipo attrattivo, la singola catena tende ad assumere preferenzialmente una conformazione raggomitolata. Quando sono presenti più catene, si possono anche instaurare interazioni fra monomeri di catene adiacenti. In questo caso, risulterà ancora favorita la conformazione raggomitolata?

1. Sì, perché la conformazione raggomitolata è la più stabile per la singola catena;
2. No, perché entrano in gioco anche le interazioni tra catene adiacenti;
3. No, perché gli urti tra catene raggomitolate, ne provocano l'apertura;
4. Sì, perché la conformazione raggomitolata è quella che occupa il minimo spazio.

Motiva la tua risposta:

Figura 7c – questionario percorso 2 – pag. 3

Seminario introduttivo

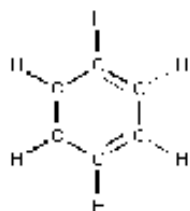
Per il seminario è stato utilizzato materiale già presente nel seminario del precedente percorso 1; in questo caso, però, è stata data particolare evidenza al fatto che, per quanto riguarda la naftalocianina, la ricezione del segnale provoca una mobilità degli elettroni dovuta alla delocalizzazione e grazie a questa variazione, la molecola si comporta da switch. Per approfondire ulteriormente il concetto legato alla mobilità degli elettroni nei sistemi delocalizzati, è stato presentato anche un filo conduttore, formato da una catena di molecole di benzene legate tra loro tramite un legame semplice. Anche in questo caso, è stato spiegato come le caratteristiche conduttive di tale filo sono legate allo spostamento degli elettroni. Per la parte riguardante le interazioni intermolecolari, è stato presentato lo stesso nanorobot descritto precedentemente.

Fasi successive della sperimentazione in classe

Anche per questo percorso, successivamente alla fase Engage+, si sono succedute le altre fasi dell'approccio IBSE tramite l'utilizzo di schede progettate insieme ai docenti. Nel seguito sono riportate le domande stimolo inserite all'interno delle schede collegate alla corrispondente fase del ciclo delle 5E.

Scheda n. 1 – (Fase Explore)

Domanda Stimolo



Considerando che il Carbonio appartiene al IV gruppo della tavola periodica e mantenendo la struttura ciclica della molecola, indica se è possibile scrivere una diversa struttura di questo composto. Motiva la tua risposta.

L'obiettivo della domanda era di far emergere la possibilità che i doppi legami alternati nella molecola, potessero presentarsi in posizioni differenti senza modifiche nella struttura della molecola. Analogamente a quanto accaduto per il percorso precedente, agli

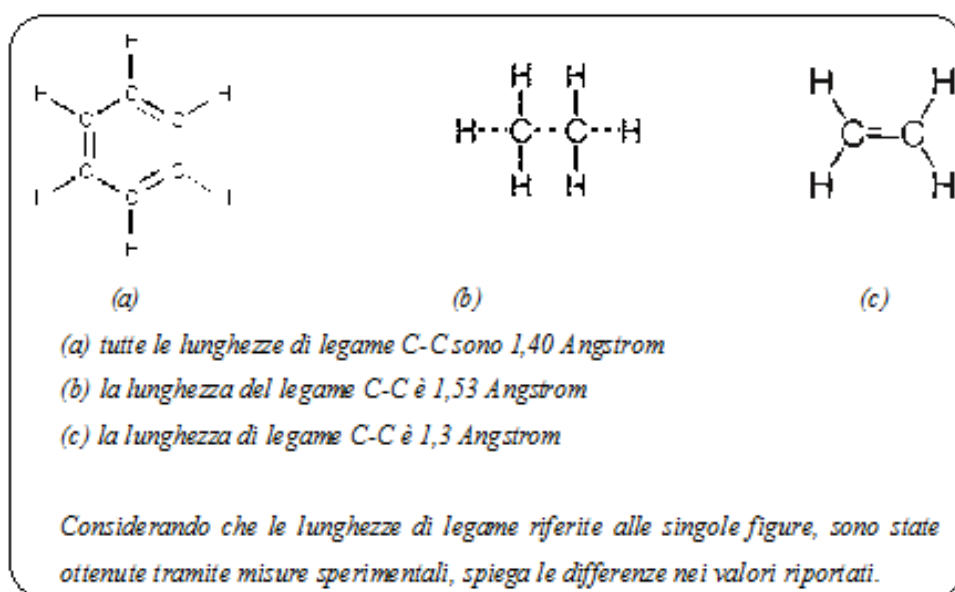
studenti è stato dato del tempo per una riflessione individuale e successivamente è stata avviata una discussione sempre con le stesse modalità.

Scheda n. 1 – (Fase Explain)

La discussione aveva come obiettivo quello di mostrare agli alunni la presenza di strutture di risonanza per determinate molecole. In entrambe le classi coinvolte in questa prima fase della sperimentazione, gli studenti avevano già affrontato il tema della risonanza durante il precedente anno di corso, ma i docenti curriculari si erano limitati a mostrare esempi di molecole inorganiche in cui era presente questo fenomeno. Durante la discussione, l'ipotesi che per la molecola riportata nella scheda si potessero ottenere delle strutture di risonanza, è stata avanzata da alcuni studenti in ciascuna delle due classi coinvolte; tale ipotesi è stata condivisa anche dagli altri e il docente curriculare ha confermato che, nel caso della molecola di benzene, esistono due strutture di limite risonanza che si differenziano per la posizione dei doppi legami alternati.

Scheda n. 2 – (Fase Explore)

Domanda stimolo



Successivamente, nell'arco della stessa lezione, gli studenti hanno affrontato la seconda domanda stimolo, il cui obiettivo era di arrivare al concetto di delocalizzazione elettronica per spiegare la presenza delle strutture di risonanza del benzene e alla definizione di doppi legami coniugati. Gli studenti hanno avuto a disposizione tempo

sufficiente per una riflessione individuale e successivamente è stata avviata una discussione.

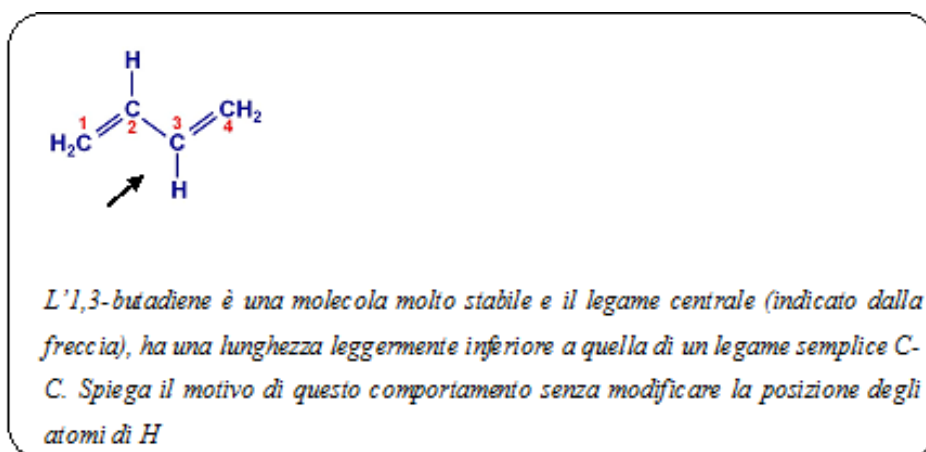
Scheda n. 2 – (Fase Explain)

La discussione aveva come obiettivo far comprendere agli studenti la differenza tra i doppi legami alternati nel benzene e doppi legami isolati, facendo emergere come la struttura ciclica del benzene, consente la sovrapposizione tra gli orbitali p di tutti gli atomi di carbonio, a differenza di quanto accade in un doppio legame isolato. Durante la discussione, alcuni studenti hanno ipotizzato la corretta sovrapposizione orbitalica nel benzene ma in questo caso tale ipotesi non è stata immediatamente accettata dal resto della classe. L'intervento del docente curriculare ha chiarito la struttura del benzene con la rappresentazione della corretta sovrapposizione tra gli orbitali p del carbonio perpendicolari al piano della molecola. Inoltre, il docente ha precisato che ciò è possibile solo grazie all'alternanza tra legami singoli e doppi, identificando il concetto di doppi legami coniugati.

Scheda n. 3 – (Fase Elaborate)

Al termine della fase precedente, agli studenti è stata consegnata la scheda contenente la domanda stimolo sotto riportata da svolgere a casa.

Domanda stimolo

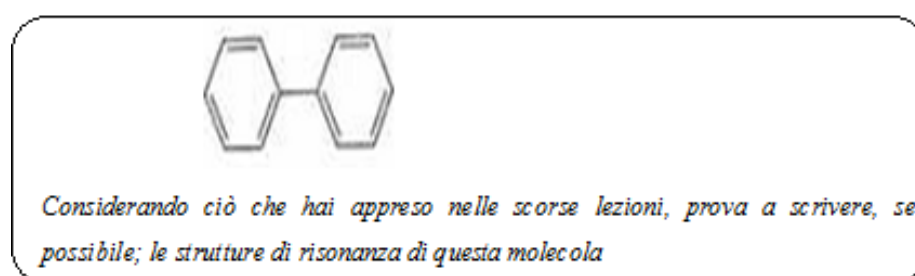


L'obiettivo della domanda, era di verificare la corretta comprensione del concetto di doppi legami coniugati, utilizzando una molecola differente dal benzene. La discussione in merito a questa domanda stimolo, è stata effettuata all'inizio della lezione successiva ed è

emerso che la maggior parte degli studenti aveva correttamente identificato la presenza di doppi legami coniugati nell'1,3-butadiene, scrivendo anche le strutture di risonanza per tale molecola. In particolare, in una delle due classi, uno studente ha anche correttamente identificato la presenza di una possibile struttura con una separazione di carica. Il docente curriculare ha confermato tale ipotesi.

Scheda n. 4 – (Fase Elaborate)

Domanda stimolo



L'obiettivo della domanda era di far emergere la possibilità che la delocalizzazione possa interessare più molecole legate tra di loro, purché venga mantenuta l'alternanza tra legami doppi e semplici. Anche in questo caso, agli alunni è stato dato tempo per una riflessione individuale e successivamente è stata avviata una discussione, con l'obiettivo quello di far comprendere agli studenti la possibilità che la delocalizzazione elettronica porti ad uno spostamento di elettroni su entrambe le molecole di benzene presenti nella domanda stimolo. In entrambe le classi, gli studenti hanno correttamente disegnato le varie strutture di risonanza per la molecola indicata e hanno identificato che la sovrapposizione degli orbitali p perpendicolari al piano della molecola, porta ad una delocalizzazione che comprende entrambe le molecole di benzene e che tale sovrapposizione può avvenire solo se le molecole di benzene sono disposte linearmente. Al termine della discussione, alcuni studenti di ciascuna classe, hanno collegato questa molecola con i fili conduttori citati durante la fase Engage+, spiegando correttamente come avviene il passaggio della corrente elettrica in questi dispositivi; successivamente hanno preso in considerazione la molecola della naftalocianina, collegando la delocalizzazione elettronica con il funzionamento di questo switch.

Il percorso è proseguito con la trattazione delle interazioni intermolecolari e del legame a idrogeno, effettuata utilizzando la stessa sequenza riportata nella descrizione del percorso 1.

Questionario in uscita

È stato utilizzato lo stesso questionario iniziale, invitando gli studenti a contrassegnarlo con lo stesso pseudonimo di quello utilizzato nel questionario di ingresso.

4.2 Dettagli operativi

Il Modulo 1 è stato sperimentato in una classe prima dell'I. T. E. Majorana e in una classe prima dell'I.I.S. E. Ascione con un totale di 29 studenti nel periodo febbraio-maggio 2014. Il modulo 2 è stato sperimentato in due classi quarte del Liceo Scientifico Cannizzaro con un totale di 45 studenti nel periodo febbraio-marzo 2014, all'interno di specifiche convenzioni stipulate con l'Università di Palermo e a seguito di formale approvazione da parte dei rispettivi Collegi dei Docenti.

Durante tutte le fasi della sperimentazione e, in particolare, nei momenti di discussione in classe, sono state accuratamente annotate in un apposito diario di bordo, tutte le osservazioni e i commenti da parte degli studenti, ritenuti utili ai fini della valutazione dell'impatto del percorso stesso. In generale, è stata incoraggiata la partecipazione al dibattito di tutti gli studenti, annotando alla lavagna le varie soluzioni alternative ad uno specifico problema emerse dalla discussione e lasciando che fosse il confronto tra gli studenti a far emergere l'alternativa più coerente con il contenuto da evidenziare. Inoltre, come verrà esplicitato in seguito, tali osservazioni sono state utili nel valutare eventuali cambiamenti di punti di vista riguardo la descrizione di aspetti della ricerca chimica nelle aule scolastiche.

4.3 Risultati

In tabella 9 sono riportati i dati relativi alla sperimentazione sul percorso 1 riguardante il legame chimico e le interazioni intermolecolari, considerando che, nella colonna riportante i dati di letteratura, non è stato sempre possibile effettuare il confronto con i dati

bibliografici per ciò che riguarda le risposte corrette, in quanto in alcuni lavori è riportato solo il valore relativo alla misconcezione.

Tabella IX. risultati della sperimentazione riguardante il percorso n. 1. I dati sono espressi come frazioni percentuali rispetto al numero totale di studenti che hanno risposto (28 ± 1) La risposta corretta è riportata per prima, mentre la concezione alternativa più comune è riportata subito dopo e i valori sono inseriti nel seguente ordine: in ingresso, al termine del modulo e dati di letteratura.

Quesito*	Concetti Di Base	Percorso sperimentale		Bibliografia
		Prima	Dopo	
A	<i>Stabilità degli atomi impegnati in un legame</i>			
	Entrambi gli atomi impegnati in un legame hanno il guscio di valenza completo	28	66	30
	Uno dei due atomi impegnati in un legame ha il guscio di valenza complete	10	14	52
B	<i>Legame covalente singolo</i>			
	Ogni atomo coinvolto in un legame, condivide uno dei suoi elettroni con l'altro atomo	21	89	66
	Solo uno dei due atomi coinvolti in un legame, condivide uno dei suoi elettroni con l'altro atomo	34	4	25
C	<i>Legame covalente doppio</i>			
	Ogni atomo coinvolto in un legame, condivide due dei suoi elettroni con l'altro atomo	41	90	66
	Solo uno dei due atomi coinvolti in un legame, condivide due dei suoi elettroni con l'altro atomo	24	0	25
D	<i>Polarità dei legami</i>			
	In un legame polare, gli elettroni non sono distribuiti in modo uniforme	34	34	61
	In tutti I legami covalenti gli elettroni condivisi sono egualmente distribuiti tra i due atomi	55	48	23
E	<i>Trasferimento elettronico in un legame ionico</i>			
	Le interazioni elettrostatiche sono causate da un trasferimento di elettroni	41	52	34
	Nessuna identificazione del processo di trasferimento elettronico	14	35	47

<i>F</i>	<i>Regola dell'ottetto</i>			
	L'atomo di azoto può condividere tre coppie di elettroni	41	81	-
	L'atomo di azoto può condividere 5 coppie di elettroni	21	7	20
<i>G</i>	<i>Momento di dipolo e simmetria molecolare</i>			
	I dipoli che identificano legami covalenti polari, devono essere addizionati come dei vettori	24	11	-
	Le molecole con legami covalenti polari sono polari	48	64	34
<i>H</i>	<i>Forma delle molecole</i>			
	La forma delle molecole è dovuta alla repulsione tra le coppie di elettroni di legame e di non legame	34	46	-
	La forma delle molecole è dovuta alla repulsione delle coppie di elettroni di non legame	38	21	22
<i>I</i>	<i>Interazioni intermolecolari</i>			
	Le forze intermolecolari presenti tra molecole covalenti, sono più deboli delle forze elettrostatiche presenti nei legami ionici	31	41	30
	Non c'è differenza tra l'intensità delle forze intermolecolari in molecole diverse	17	7	55
<i>J</i>	<i>Legame a idrogeno</i>			
	Il legame a idrogeno ha una particolare configurazione spaziale	41	21	69
	Il legame tra le molecole d'acqua è un legame dipolo-dipolo	24	21	2

* in questa colonna è specificato il quesito della scheda di figura 7, corrispondente al concetto specificato nella colonna successiva.

Numero totale di studenti = 29

In generale si può notare un sensibile miglioramento dei risultati rispetto all'inizio del percorso, con una contemporanea diminuzione di risposte che indicano la permanenza di misconcezioni. In diversi casi, questo miglioramento è molto più marcato rispetto agli stessi dati di letteratura. Al contrario, i quesiti G e J indicano un non soddisfacente progresso dell'apprendimento in seguito al percorso.

Tabella X. risultati della sperimentazione riguardante il percorso n. 2. I dati sono espressi come frazioni percentuali rispetto al numero totale di studenti che hanno risposto (44±1) La risposta corretta è riportata per prima, mentre la concezione alternativa maggiormente selezionata è riportata subito dopo.

Quesito*	Concetti Di Base	Percorso sperimentale		Bibliografia
		Prima	Dopo	
<i>A</i>	<i>Interazioni intermolecolari</i>			
	Le forze intermolecolari presenti tra molecole covalenti, sono più deboli delle forze elettrostatiche presenti nei legami ionici	33	69	30
	Non c'è differenza tra l'intensità delle forze intermolecolari in molecole diverse	7	0	-
	È più facile rompere i legami covalenti rispetto a quelli ionici	56	18	55
<i>B</i>	<i>Legame a idrogeno</i>			
	Il legame a idrogeno ha una particolare configurazione spaziale	31	80	69
	Il legame tra le molecole d'acqua è un legame dipolo-dipolo	60	18	2
<i>C</i>	<i>Legami intra e intermolecolari nelle biomolecole</i>			
	Il bilancio tra le interazioni intra e intermolecolari, determina la struttura terziaria delle biomolecole	67	58	-
	La forma della molecola dipende dalla sua azione	9	15	-
<i>D</i>	<i>La presenza di doppi legami coniugati diminuisce l'energia degli elettroni</i>			
	La progressive addizione di un alogeno ad un sistema coniugato, sposta l'assorbimento della luce verso energie maggiori	42	73	-
	L'addizione di alogeni ai doppi legami coniugati, porta alla formazione di nuove specie che sono responsabili del cambio di colore	24	4	-

<i>E</i>	<i>Maggiore stabilità del benzene a causa della delocalizzazione elettronica</i>			
	L'anello del benzene risulta poco reattivo nei confronti di reazioni che comportano la rottura dei doppi legami	51	11	-
	Le lunghezze dei legami del benzene sono tutte uguali	31	20	-
<i>F</i>	<i>Interazioni dipolo-dipolo</i>			
	Le molecole polari possono cambiare la loro orientazione a causa delle interazioni tra le cariche dei dipoli	70	96	-
	Le molecole si muovono in modo casuale e assumono tutte le possibili orientazioni	18	0	-
<i>G</i>	<i>Interazioni intermolecolari in catene polimeriche</i>			
	Le interazioni intermolecolari sono responsabili dello svolgimento di una singola catena polimerica	38	48	-
	La configurazione raggomitolata è la più stabile per le catene polimeriche perché occupa uno spazio minore	30	31	-

* in questa colonna è specificato il quesito della scheda di figura 8, corrispondente al concetto specificato nella colonna successiva.

Numero totale di studenti = 45

In generale si può notare un sensibile miglioramento dei risultati rispetto all'inizio del percorso, con una contemporanea diminuzione di risposte che indicano la permanenza di misconcezioni. In diversi casi, questo miglioramento è molto più marcato rispetto agli stessi dati di letteratura. Al contrario, le domande G ed E mostrano un peggioramento al termine del percorso.

4.4 Analisi dei risultati e revisione dei percorsi

Almeno nei limiti del limitato numero di studenti coinvolti in questa fase, i risultati ottenuti mostrano come, in generale, il percorso sembra aver prodotto un evidente miglioramento, anche rispetto ai dati di letteratura, del livello di apprendimento da parte degli studenti dei concetti base oggetto della sperimentazione. Inoltre, un'accurata analisi dei diari di bordo, indica un sensibile miglioramento nella percezione degli studenti riguardo l'impatto della ricerca scientifica in campo chimico. Tali indicazioni, emerse e supportate da momenti di riflessione e confronto con i docenti curriculari che hanno realizzato i percorsi nelle loro classi, hanno suggerito un'estensione dello studio su un campione più ampio.

Tuttavia, l'analisi dei risultati ha chiaramente dimostrato la presenza di criticità nella valutazione del progresso sui contenuti e, allo stesso tempo, l'esigenza di una valutazione più accurata del cambiamento di percezione. Per quanto riguarda il primo aspetto, è stato deciso di sottoporre tutti gli studenti ad interviste, che si sono concentrate sulle domande del questionario risultate problematiche per il particolare studente.

A ciascuno studente sono state poste le seguenti due domande:

1. Spiega il significato del testo del quesito n....;
2. Spiega perché hai modificato la risposta rispetto al questionario in ingresso.

Le interviste sono state effettuate individualmente dopo una settimana dalla conclusione dei moduli e sono state registrate, dopo aver ottenuto le necessarie autorizzazioni da parte dei genitori degli studenti. Agli studenti è stato dato modo di rispondere ad ogni singola domanda senza alcuna interruzione o commento da parte dell'intervistatore e le interviste sono state in seguito trascritte e analizzate.

Le domande problematiche sono sempre state i quesiti G e J del percorso 1 (identici ai quesiti A e B del percorso 2) e la domanda E del percorso 2. Inoltre sono stati prese in considerazione anche quei casi in cui lo studente, avendo risposto correttamente in ingresso e al termine del percorso aveva cambiato la propria risposta. Ciò potrebbe essere un'indicazione di problemi nella attuazione del percorso stesso. In questi ultimi casi, è stato sempre evidente che lo studente, dopo un'attenta rilettura del quesito in questione, ha risposto correttamente riconoscendo di avere fornito la risposta errata solo per presumibile distrazione o superficialità all'atto della compilazione della domanda. Non sono quindi emerse possibili indicazioni riguardanti eventuali problemi di formulazione dei quesiti,

che, peraltro, come mostrato in tab. 9 e 10, avevano fornito risultati complessivamente soddisfacenti. Al contrario, le interviste hanno confermato che i tre quesiti precedentemente citati non erano formulati con sufficiente chiarezza, in quanto, anche dopo un'attenta rilettura, gli studenti continuavano a evidenziare problemi di interpretazione.

Alla luce dei risultati delle interviste, è stato quindi deciso che i quesiti G e J (identici ai quesiti A e B del percorso 2) del percorso, andavano riformulati.

In particolare, per quanto riguarda il quesito G del percorso 1, è emerso dalle interviste che la formulazione originaria della domanda lasciava intendere in maniera ambigua che in un composto covalente in fase vapore passassero gli atomi e non l'intera molecola. Di conseguenza, il quesito è stato modificato come segue (le modifiche sono sottolineate):

Il cloruro di magnesio ($MgCl_2$) è un composto ionico, mentre il cloruro di titanio ($TiCl_4$) è un composto covalente. Quando una miscela di eguali quantità delle due sostanze viene riscaldata, la fase vapore conterrà:

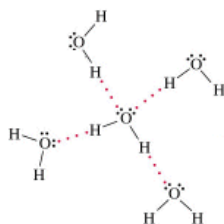
(a) Uguali quantità dei due composti (b) prevalentemente molecole di $TiCl_4$

La ragione della tua scelta è:

- 1. Perché la diversa natura dei legami intramolecolari non influenza le forze intermolecolari;*
- 2. Perché le forze di interazione tra molecole sono più deboli delle forze di attrazione fra ioni presenti nel sale fuso;*
- 3. Perché è più facile rompere i legami covalenti e quindi portare in fase vapore atomi di titanio e di cloro;*
- 4. Perché sono entrambi cloruri, quindi si comportano in modo simile.*

Per quanto riguarda la domanda J, un numero cospicuo di studenti aveva confuso il simbolo della freccia, che indicava il legame da identificare, con quello a volte usato per identificare un legame dativo e ciò aveva indotto in errore gli studenti. Di conseguenza, nella revisione del quesito, è stato deciso di eliminare il simbolo della freccia. Inoltre, le opzioni relative alle varie risposte possibili, sono state abbreviate come di seguito riportato:

Considera la seguente immagine:



quale delle seguenti affermazioni descrive meglio il significato della linea tratteggiata?

1. Rappresenta un legame debole tra le molecole;
2. Rappresenta un legame a idrogeno;
3. Rappresenta un legame dipolo-dipolo, perché l'acqua è una molecola polare;
4. Rappresenta un legame dativo tra le molecole d'acqua.

L'analisi delle interviste riguardanti il quesito E del percorso 2, ha mostrato chiaramente che la formulazione originaria induceva gli studenti ad associare la natura ciclica della struttura del benzene con la presenza di doppi legami delocalizzati. Di conseguenza, il quesito è stato modificato separando chiaramente le due proprietà, come di seguito riportato:

Secondo la tradizione, Kekulè suggerì che il benzene avesse una struttura ciclica, dopo aver sognato l'immagine di un serpente che si morde la coda. Questa ipotesi contribuì a chiarire alcune evidenze sperimentali altrimenti inspiegabili. Inoltre, fu presto messo in evidenza, che questa struttura ciclica contenesse doppi legami alternati e che fosse quindi possibile rappresentarla mediante formule di risonanza.

Quale delle seguenti proprietà del benzene può essere interpretate solo in termini di una struttura ciclica con doppi legami delocalizzati?

1. Tutti gli atomi di carbonio si comportano in modo identico verso opportune reazioni chimiche (per esempio l'addizione di un alogeno);
2. Le lunghezze di legame sono tutte uguali;
3. L'anello del benzene risulta particolarmente poco reattivo in reazioni che comportano la rottura dei doppi legami;

4. Il benzene cristallino forma strutture simili a quelle della grafite.

Tutti i problemi emersi, sono imputabili ad una formulazione dei quesiti non adeguata che non è emersa durante la Face Validation; tutti i quesiti sono stati nuovamente sottoposti a Face Validation e Content Validation, secondo la procedura precedentemente descritta, prima della seconda fase della sperimentazione.

Inoltre, allo scopo di ottenere maggiori indicazioni in fase di analisi dei risultati, è stato richiesto agli studenti di motivare le proprie risposte a ciascuna domanda in forma aperta.

Per quanto riguarda la valutazione quantitativa dell'impatto del percorso sul punto di vista degli studenti riguardo la ricerca scientifica, va anche sottolineato che durante le interviste molti studenti hanno spontaneamente collegato i concetti alla base del quesito di cui stavano parlando, con uno degli esempi trattati durante la fase Engage+. Inoltre, tutti gli studenti hanno dichiarato spontaneamente che il percorso è risultato molto interessante e si sono dichiarati soddisfatti per aver scoperto un campo di ricerca di cui non conoscevano l'esistenza.

Per quanto riguarda la necessità di ottenere maggiori dettagli, è stato deciso di realizzare un secondo questionario, allo scopo di verificare gli effetti del percorso sulle idee degli studenti in merito alla ricerca scientifica in generale e al campo delle nanotecnologie in particolare.

Il questionario è stato progettato con tre obiettivi differenti: 1) rilevare il pensiero del campione di studenti in merito alla scienza e alla tecnologia in generale, sia prima della sperimentazione sia dopo; 2) verificare se il percorso sperimentale avesse modificato la conoscenza da parte degli studenti del campo di ricerca delle nanotecnologie; 3) valutare se un esempio tratto dalla moderna ricerca scientifica risulta efficace per introdurre i concetti di base della chimica. Il questionario è riportato nella figura 9.

Per quanto riguarda il primo obiettivo, è stato deciso di utilizzare due domande (n. 1 e 2) tratte da un questionario somministrato agli studenti durante il progetto Establish (*rif.*); la prima domanda è stata utilizzata parzialmente e chiedeva agli alunni di esprimere il loro grado di accordo in merito ad una serie di affermazioni. La seconda domanda è stata utilizzata senza modifiche e chiedeva agli studenti di esprimere il loro grado di accordo in merito ad un'affermazione specifica.

Per il secondo obiettivo, sono state inserite tre domande (n. 3, 4 e 5), in cui è stato chiesto agli studenti di valutare la propria conoscenza delle nanotecnologie e il loro impatto futuro in vari campi, oltre a verificare la corretta acquisizione del termine “nano” collegato alle dimensioni.

Per la valutazione del terzo obiettivo, è stato deciso di inserire tre domande a risposta aperta (n.6, 7 e 8), in cui gli studenti dovevano esprimersi in merito alla possibilità di parlare di ricerca scientifica già nelle aule scolastiche oltre ad identificare i corretti collegamenti tra i concetti di base e qualche esempio tratto dalla ricerca.

Il questionario è stato sottoposto allo stesso processo di validazione effettuato per i due precedenti questionari, utilizzando cinque alunni dello stesso livello scolastico e cinque esperti disciplinari. La validazione non ha evidenziato alcun problema, per cui non sono state apportate modifiche.

I cambiamenti apportati ai questionari utilizzati nella prima fase e le indicazioni su alcuni punti sui quali porre maggiore attenzione nella trattazione degli argomenti, sono stati discussi con i docenti precedentemente impegnati (alcuni dei quali hanno confermato la disponibilità a ripetere il percorso) e con un gruppo di altri docenti di chimica degli stessi Istituti potenzialmente interessati a intraprendere la sperimentazione. Al termine di questi colloqui, si è concordato che i due percorsi sarebbero stati ripetuti come segue:

Percorso n 1 – Il legame chimico e le interazioni intermolecolari

ISTITUTO	NUMERO DOCENTI COINVOLTI	LIVELLO DELLE CLASSI
Istituto Tecnico E. Majorana	2	I anno
Liceo Scientifico Cannizzaro	5	III anno

Percorso n 2 – La delocalizzazione elettronica e le interazioni intermolecolari

ISTITUTO	NUMERO DOCENTI COINVOLTI	LIVELLO DELLE CLASSI
Liceo Scientifico Cannizzaro	3	IV anno

1. Quanto sei d'accordo con le affermazioni seguenti? Rispondi indicando il tuo grado di accordo per ciascuna affermazione. Se qualche affermazione non è per te chiara, non rispondere e passa alla successiva.

Usa la seguente scala come guida.

1	2	3	4	5
Totalmente d'accordo	Parzialmente d'accordo	Non so	Parzialmente in disaccordo	Totalmente in disaccordo

		1	2	3	4	5
1	Lo studio della scienza è difficile.					
2	La scienza che si studia a scuola è interessante.					
3	La scienza che si studia a scuola è facile da capire.					
4	Lo studio della scienza mi ha fatto capire che esistono cose da fare nuove e interessanti.					
5	La scienza mi piace più di altre materie.					
6	Credo che tutti dovrebbero studiare scienze a scuola.					
7	Gli argomenti scientifici che imparo a scuola mi saranno utili per la mia vita di tutti i giorni.					
8	Penso che la scienza che si studia a scuola migliorerà le mie possibilità di trovare un lavoro interessante.					
9	Lo studio della scienza ha aumentato la mia curiosità sulle cose che non riusciamo ancora a spiegare.					
10	La scienza che si studia a scuola mi ha mostrato l'importanza di questo argomento per la nostra vita.					
11	Da grande vorrei diventare uno scienziato.					
12	Scienza e tecnologia sono importanti per la società					

Figura 8a - Questionario sulle nanotecnologie – pag. 1

13	Scienza e tecnologia ci permetteranno di trovare le cure per malattie come l'HIV/AIDS, il cancro, etc.					
14	Scienza e tecnologia rendono la nostra vita più sicura, facile e confortevole.					
15	I benefici prodotti dalla scienza sono maggiori degli effetti dannosi che potrebbe produrre.					
16	Scienza e tecnologia possono risolvere quasi tutti i problemi.					
17	Scienza e tecnologia sono la causa dei problemi ambientali.					
18	Un paese non ha bisogno di scienza e tecnologia per svilupparsi.					
19	La scienza e la tecnologia avvantaggiano principalmente i paesi più sviluppati.					
20	Gli scienziati seguono il metodo scientifico, che li porta sempre a trovare le risposte corrette.					
21	Dovremmo sempre aver fiducia di ciò che gli scienziati ci dicono.					
22	Gli scienziati sono neutrali e oggettivi.					
23	Le teorie scientifiche si sviluppano e cambiano sempre.					

2. Leggi la frase che segue e indica la risposta che meglio descrive quanto tu sia d'accordo o in disaccordo. Usa la guida seguente per dare le tue risposte:

1	2	3	4	5
Totalmente d'accordo	Parzialmente d'accordo	Non so	Parzialmente in disaccordo	Totalmente in disaccordo

Roberta ha appena letto sul suo libro di scienze qualcosa che sembra in disaccordo con la sua esperienza di vita di tutti i giorni. Per imparare bene le discipline scientifiche, però, Tamara sa che non deve tener conto della sua esperienza personale ma accettare ciò che dice il libro.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Figura 8b - Questionario sulle nanotecnologie – pag. 2

	Limitata	Nè approfondita nè limitata	Approfondita	Non so
3. Come valuti la tua conoscenza delle nanotecnologie				

4. Prova a spiegare brevemente l'origine del prefisso "nano" presente nella parola nanotecnologie, anche eventualmente utilizzando esempi di cui tu sia a conoscenza.

5. Secondo te, che impatto avranno nel futuro le nanotecnologie riguardo a:

	Negativo	Nè positivo nè negativo	Positivo	Non so
Il nostro modo di vivere				
L'economia nazionale				
L'ambiente				
La tua salute e quella della tua famiglia				
La sicurezza della nostra società				
Le generazioni future				

Motiva le tue risposte

6. Ritieni, motivando la tua risposta, che sia utile conoscere alcuni dei temi della moderna ricerca scientifica o pensi che sia meglio riservare questi argomenti ai successivi studi universitari?

Figura 8c - Questionario sulle nanotecnologie – pag. 3

7. Prova a spiegare come conoscere alcune delle applicazioni che derivano dalla moderna ricerca scientifica, può essere utile per comprendere meglio i concetti di base della chimica.

8. Prova a citare, motivando la tua scelta, uno o due esempi della moderna tecnologia in cui è determinante la capacità della chimica di mettere insieme atomi e molecole, allo scopo di ottenere una funzione specifica.

Figura 8d - Questionario sulle nanotecnologie – pag. 4

4.5 Realizzazione della seconda fase

I due percorsi hanno adottato le stesse sequenze della prima fase della sperimentazione, utilizzando lo stesso materiale didattico già presentato. I questionari utilizzati per il test di ingresso e di uscita, sono stati invece modificati secondo le modalità descritte nel paragrafo 4.4. Di seguito sono indicate le classi che hanno partecipato a questa fase con il relativo numero di alunni.

Percorso 1 – Il legame chimico e le interazioni intermolecolari

ISTITUTO	CLASSE	N. ALUNNI
Istituto Tecnico E. Majorana	IB	22
	IH	24
	IP	24
Liceo Scientifico Cannizzaro	IIIA	19
	IIIG	22
	IIIM	14
	IIIH	25

Percorso 2 – La delocalizzazione elettronica e le interazioni intermolecolari

ISTITUTO	CLASSE	N. ALUNNI
Liceo Scientifico Cannizzaro	IVA	21
	IVG	17
	IVH	27

4.6 Risultati

4.6.1 Valutazione dell'apprendimento

Percorso sul legame chimico e le interazioni intermolecolari

In quel che segue, i risultati vengono presentati aggregando i dati parziali di tutte le classi in cui è stata realizzata la sperimentazione. I risultati scorporati per ciascuna classe sono riportati in appendice.

In tabella 11 sono riportati i dati relativi alla sperimentazione sul percorso 1 riguardante il legame chimico e le interazioni intermolecolari, considerando che, nella

colonna riportante i dati di letteratura, non è stato sempre possibile effettuare il confronto con i dati bibliografici per ciò che riguarda le risposte corrette, in quanto in alcuni lavori era riportato solo il valore relativo alla misconcezione.

Tabella n XI. risultati della sperimentazione riguardante il percorso n. 1. I dati sono espressi come frazioni percentuali rispetto al numero totale di studenti che hanno risposto. La risposta corretta è riportata per prima, mentre la concezione alternativa più comune è riportata subito dopo e i valori sono inseriti nel seguente ordine: in ingresso, al termine del modulo e dati di letteratura

Quesito*	Concetti Di Base	Percorso sperimentale		Bibliografia
		Prima	Dopo	
<i>A</i>	<i>1) Stabilità degli atomi impegnati in un legame</i>			
	Entrambi gli atomi impegnati in un legame hanno il guscio di valenza completo	34	68	30
	Uno dei due atomi impegnati in un legame ha il guscio di valenza completo	14	17	52
<i>B</i>	<i>2) Legame covalente singolo</i>			
	Ogni atomo coinvolto in un legame, condivide uno dei suoi elettroni con l'altro atomo	38	84	66
	Solo uno dei due atomi coinvolti in un legame, condivide uno dei suoi elettroni con l'altro atomo	21	7	25
<i>C</i>	<i>3) Legame covalente doppio</i>			
	Ogni atomo coinvolto in un legame, condivide due dei suoi elettroni con l'altro atomo	51	89	66
	Solo uno dei due atomi coinvolti in un legame, condivide due dei suoi elettroni con l'altro atomo	21	7	25
<i>D</i>	<i>4) Polarità dei legami</i>			
	In un legame polare, gli elettroni non sono distribuiti in modo uniforme	36	73	61
	In tutti i legami covalenti gli elettroni condivisi sono egualmente distribuiti tra i due atomi	36	21	23
<i>E</i>	<i>5) Trasferimento elettronico in un legame ionico</i>			
	Le interazioni elettrostatiche sono causate da un trasferimento di elettroni	45	74	34
	Nessuna identificazione del processo di trasferimento	21	18	47

	elettronico			
<i>F</i>	6) Regola dell'ottetto			
	L'atomo di azoto può condividere tre coppie di elettroni	39	91	-
	L'atomo di azoto può condividere 5 coppie di elettroni	22	2	20
<i>G</i>	7) Momento di dipolo e simmetria molecolare			
	I dipoli che identificano legami covalenti polari, devono essere addizionati come dei vettori	25	58	-
	Le molecole con legami covalenti polari sono polari	24	12	34
<i>H</i>	8) Forma delle molecole			
	La forma delle molecole è dovuta alla repulsione tra le coppie di elettroni di legame e di non legame	23	61	-
	La forma delle molecole è dovuta alla repulsione delle coppie di elettroni di non legame	26	10	22
<i>I</i>	9) Interazioni intermolecolari			
	Le forze intermolecolari presenti tra molecole covalenti, sono più deboli delle forze elettrostatiche presenti nei legami ionici	22	19	30
	Non c'è differenza tra l'intensità delle forze intermolecolari in molecole diverse	17	6	55
	È più facile rompere i legami covalenti rispetto a quelli ionici***	39	64	-
<i>J</i>	10) Legame a idrogeno**			
	Il legame a idrogeno ha una particolare configurazione spaziale	35	57	69
	Il legame tra le molecole d'acqua è un legame dipolo-dipolo	17	22	2

Numero totale di studenti in entrata = 127

Numero totale di studenti in uscita = 128

*in questa colonna è specificato il quesito della scheda di figura 8 (eventualmente modificati), corrispondente al concetto specificato nella colonna successiva

**Numero totale di studenti = 108

***Opzione maggiormente selezionata (vedi testo)

In fase di analisi dei risultati è emerso che una delle classi (vedi tabella n.... in appendice) mostrava un numero eccessivamente elevato di risposte corrette già nel questionario in ingresso e, di conseguenza, minime variazioni con il questionario in uscita,

quindi i risultati di questa classe non sono stati inclusi nella valutazione complessiva. Il campione risulta quindi composto da 128 studenti come riportato in tabella 11.

Per quanto riguarda la domanda J, riguardante il legame a idrogeno, in fase di analisi dei risultati, è stato deciso di non includere i dati relativi ad una delle classi in cui è stato sperimentato il modulo, in quanto un elevato numero di studenti, ha identificato il legame esistente tra le molecole d'acqua come un legame dativo e questo è indice di un'anomalia derivante da una precedente trattazione di questo tipo di legame intramolecolare.

In maniera analoga a quanto osservato nella prima fase e, anzi, con maggiore evidenza si può notare un sensibile miglioramento dei risultati rispetto all'inizio del percorso, con una contemporanea diminuzione di risposte che indicano la permanenza di misconcezioni. In diversi casi, questo miglioramento è molto più marcato rispetto agli stessi dati di letteratura. Tuttavia i quesiti G e J, che avevano già mostrato anomalie nella prima fase della sperimentazione e che erano stati riformulati (vedi paragrafo 4.4), continuano a risultare problematici.

Il quesito G continua a non mostrare alcun progresso di comprensione da parte degli studenti a seguito del percorso e il numero di risposte corrette è decisamente troppo basso. Inoltre, si riscontra la presenza di una misconcezione non riportata in letteratura (che è stata inserita in tabella 11) che indica la convinzione da parte degli studenti che perché una molecola possa passare in fase vapore, deve dissociarsi. Tale convincimento evidentemente non mette in gioco le interazioni intermolecolari ma esclusivamente i legami intramolecolari. Appare quindi evidente che un'eventuale riproposizione del percorso, dovrebbe analizzare accuratamente il contesto in cui si inserisce questo specifico argomento. In conclusione, quindi, i risultati deludenti relativi al quesito G, non sono considerati rilevanti ai fini della valutazione dell'efficacia dell'intero percorso.

La domanda J, sebbene non raggiunga ancora i risultati soddisfacenti di tutti gli altri quesiti, mostra comunque un lieve progresso nella corretta identificazione del tipo di legame esistente tra le molecole d'acqua. È presente anche un lieve aumento nella risposta alternativa riportata in tabella come misconcezione, che, ad una lettura più attenta, può essere comunque considerata parzialmente corretta. In ogni caso si riscontra una sensibile diminuzione nel numero di risposte decisamente incorrette.

Percorso sulla delocalizzazione elettronica e le interazioni intermolecolari

In quel che segue, i risultati vengono presentati aggregando i dati parziali di tutte le classi in cui è stata realizzata la sperimentazione. I risultati scorporati per ciascuna classe sono riportati in appendice.

Tabella n XII. risultati della sperimentazione riguardante il percorso n. 2. I dati sono espressi come frazioni percentuali rispetto al numero totale di studenti che hanno risposto. La risposta corretta è riportata per prima, mentre la concezione alternativa maggiormente selezionata è riportata subito dopo.

Quesito*	Concetti Di Base	Percorso sperimentale		Bibliografia
		Prima	Dopo	
A	Interazioni intermolecolari			
	Le forze intermolecolari presenti tra molecole covalenti, sono più deboli delle forze elettrostatiche presenti nei legami ionici	28	56	30
	Non c'è differenza tra l'intensità delle forze intermolecolari in molecole diverse	6	15	-
	È più facile rompere i legami covalenti rispetto a quelli ionici*	49	28	55
B	Legame a idrogeno			
	Il legame a idrogeno conferisce all'acqua proprietà particolari.	83	99	69
	Il legame tra le molecole d'acqua è un legame dipolo-dipolo	8	1	2
C	Legami intra e intermolecolari nelle biomolecole			
	Il bilancio tra le interazioni intra e intermolecolari, determina la struttura terziaria delle biomolecole	32	74	
	La forma della molecola dipende dalla sua azione	29	9	
D	La presenza di doppi legami coniugati diminuisce l'energia degli elettroni			

	La progressive addizione di un alogeno ad un sistema coniugato, sposta l'assorbimento della luce verso energie maggiori	37	51	
	L'addizione di alogeni ai doppi legami coniugati, porta alla formazione di nuove specie che sono responsabili del cambio di colore	33	33	
<i>E</i>	<i>Interazioni dipolo-dipolo</i>			
	Le molecole polari possono cambiare la loro orientazione a causa delle interazioni tra le cariche dei dipoli	70	96	
	Le molecole si muovono in modo casuale e assumono tutte le possibili orientazioni	18	0	
<i>F</i>	<i>Interazioni intermolecolari in catene polimeriche</i>			
	Le interazioni intermolecolari sono responsabili dello svolgimento di una singola catena polimerica	38	48	
	La configurazione raggomitolata è la più stabile per le catene polimeriche perché occupa uno spazio minore	30	31	
<i>G</i>	<i>Maggiore stabilità del benzene a causa della delocalizzazione elettronica</i>			
	L'anello del benzene risulta poco reattivo nei confronti di reazioni che comportano la rottura dei doppi legami	8	27	
	Le lunghezze dei legami del benzene sono tutte uguali	37	64	

*in questa colonna è specificato il quesito della scheda di figura 8 (eventualmente modificati), corrispondente al concetto specificato nella colonna successiva

Numero totale di studenti in entrata= 83

Numero totale studenti in uscita = 74

*Opzione maggiormente selezionata (vedi testo).

Ancora una volta, si può notare un sensibile miglioramento dei risultati rispetto all'inizio del percorso, con una contemporanea diminuzione di risposte che indicano la permanenza di misconcezioni. In diversi casi, questo miglioramento è molto più marcato

rispetto agli stessi dati di letteratura. Per quanto riguarda le domande A e B (identiche ai quesiti G e J del percorso 1), valgono le stesse considerazioni precedentemente fatte, sebbene le anomalie osservate sono stavolta meno evidenti, in quanto presumibilmente gli studenti di quarto anno, hanno una migliore conoscenza pregressa riguardo il processo di evaporazione e la natura del legame a idrogeno. In entrambi i casi, infatti, si osserva un numero già elevato di risposte corrette in ingresso.

Per quanto riguarda gli altri quesiti, si possono effettuare le seguenti osservazioni, anche tratte dalle motivazioni fornite dagli studenti in forma aperta:

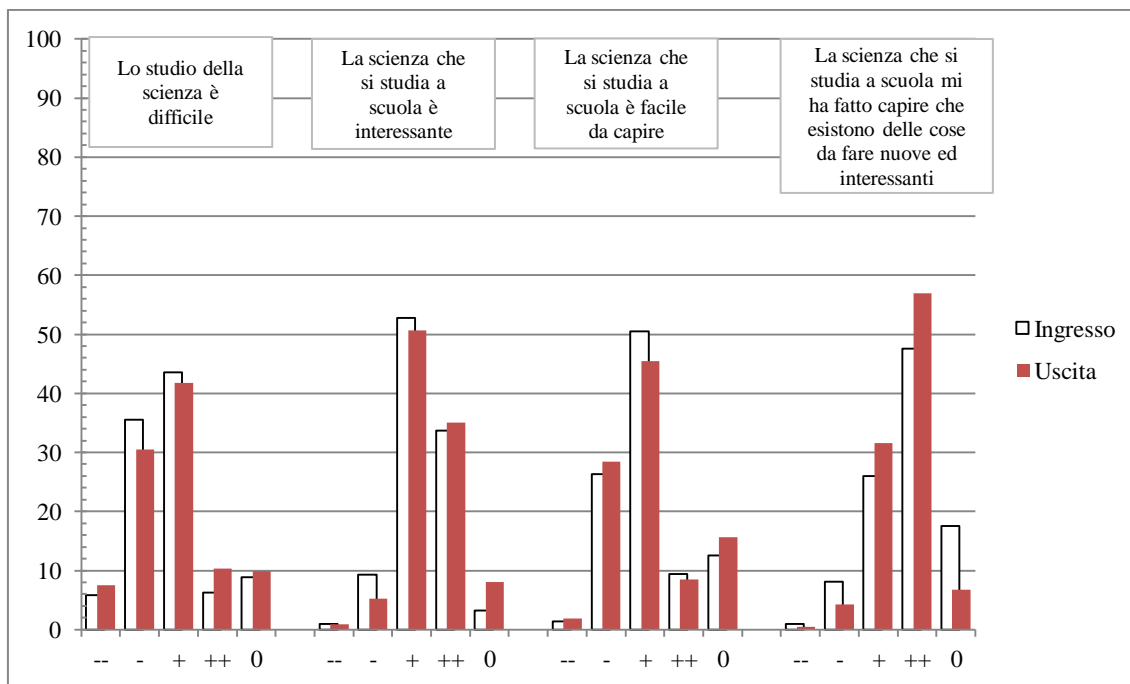
- 1) *Legami intra e intermolecolari nelle biomolecole*: i risultati mostrano un netto miglioramento al termine della sperimentazione, dimostrando che la maggior parte degli studenti identifica correttamente la differenza tra interazioni intra e intermolecolari nelle biomolecole. La seconda opzione più scelta dopo la risposta corretta, mostra che per alcuni studenti è la funzione che deve essere svolta dalla biomolecola a determinarne la forma e non viceversa.
- 2) *La presenza di doppi legami coniugati diminuisce l'energia degli elettroni*: anche in questo caso è possibile dimostrare l'efficacia del percorso, data dal progresso nelle risposte corrette; l'evoluzione è riscontrabile soprattutto osservando come un discreto numero di studenti abbia abbandonato la sua prima scelta (in cui il cambiamento di colore veniva attribuito al fatto che è il colore del bromo stesso a cambiare durante la miscelazione) scegliendo poi la risposta corretta.
- 3) *Interazioni dipolo-dipolo*: in questo caso, sebbene i risultati già in partenza si sono mostrati più che soddisfacenti, l'efficacia della sperimentazione è evidente dalla notevole riduzione del dato riguardante la misconcezione scelta.
- 4) *Interazioni intermolecolari in catene polimeriche*: in questo caso, il progresso tra il dato iniziale e quello finale è inferiore rispetto ai casi precedentemente analizzati. Probabilmente ciò è dovuto al fatto che molti studenti hanno centrato la loro attenzione sulle caratteristiche spaziali, soprattutto perché molte molecole biologiche devono ripiegarsi su se stesse per svolgere la loro funzione, come emerge dall'analisi delle motivazioni fornite. Per tale ragione, un discreto numero di studenti, ha pensato che questa condizione prevalga sulle interazioni intermolecolari tra catene differenti.
- 5) *Maggiore stabilità del benzene a causa della delocalizzazione elettronica*: questa domanda è risultata problematica già nella fase pilota della sperimentazione. Infatti,

successivamente alle interviste effettuate al termine di quella prima fase, è stata modificata per renderla più comprensibile ma comunque le difficoltà per gli studenti sono rimaste. È evidente il progresso rispetto al test di ingresso, ma comunque il risultato finale non è soddisfacente, soprattutto se confrontato con l'opzione maggiormente scelta dagli studenti e che collega la delocalizzazione elettronica nel benzene con l'uguaglianza tra i suoi legami. In pratica, gli studenti hanno correttamente compreso il fatto più evidente (cioè il collegamento tra la delocalizzazione e l'equivalenza tra i carboni e i legami doppi e singoli) ma non hanno percepito l'importanza della maggiore stabilità di queste molecole; ciò ha portato ad un mancato riconoscimento del carattere aromatico, che è stato confuso con il concetto di delocalizzazione.

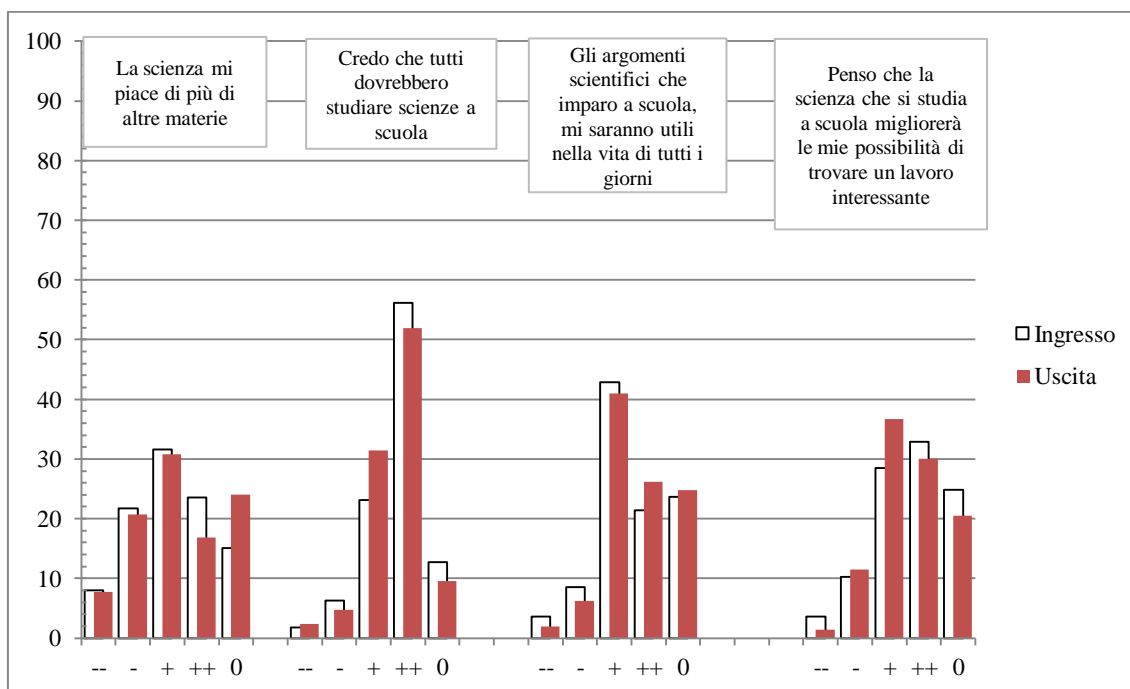
4.6.2 Valutazione dell'opinione

I risultati complessivi del secondo questionario, inerente l'opinione degli studenti riguardo la ricerca scientifica e le nanotecnologie, sono riportati nelle figure 9 – 18. Il numero totale di questionari compilati è 210 in ingresso e 202 in uscita. I risultati disaggregati per ciascuna classe sono riportati nelle tabelle a11-a70 in appendice.

Il primo obiettivo del questionario era la rilevazione dell'orientamento degli studenti che costituivano il campione, nei confronti delle Scienze e della Tecnologia. Nelle domande n. 1 e 2 (vedi figura 8), sono riportate alcune affermazioni e gli studenti dovevano rispondere alla domanda "Quanto sei d'accordo con l'affermazione seguente". I grafici nelle figure 9-12 riportano i risultati relativi alle singole affermazioni.



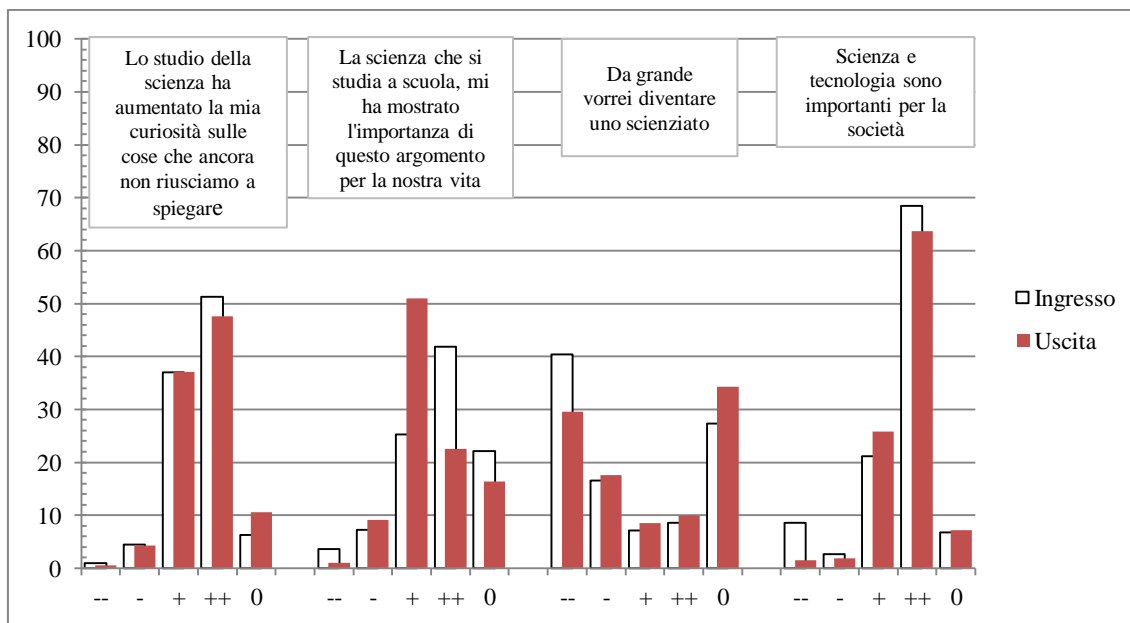
(a)



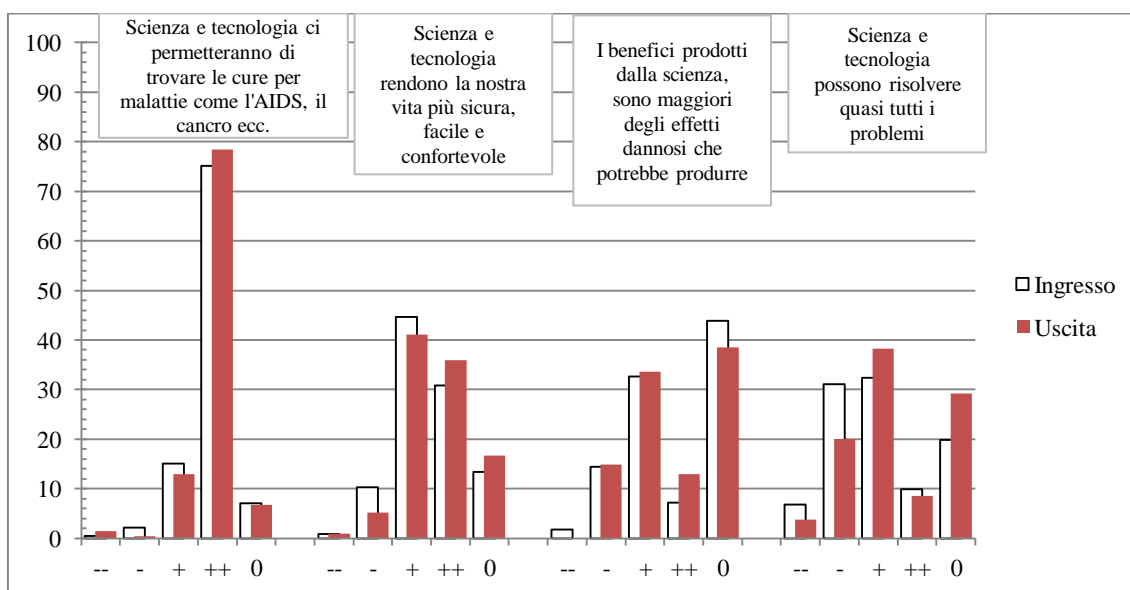
(b)

Figura 9 - Risposte fornite dagli studenti alla domanda 1 del questionario di figura 8. I dati sono espressi in frazioni percentuali rispetto al numero totale di risposte fornite (205 ± 5 , vedi tabelle a11-a70 in appendice). Le barre di colore bianco rappresentano le risposte in ingresso, mentre quelle di colore rosso le risposte in uscita. Le diverse possibilità di risposta sono specificate nella legenda.

Legenda: -- = Totalmente in disaccordo; - = Parzialmente in disaccordo; + = Parzialmente d'accordo; ++ = Totalmente d'accordo; 0 = Non so



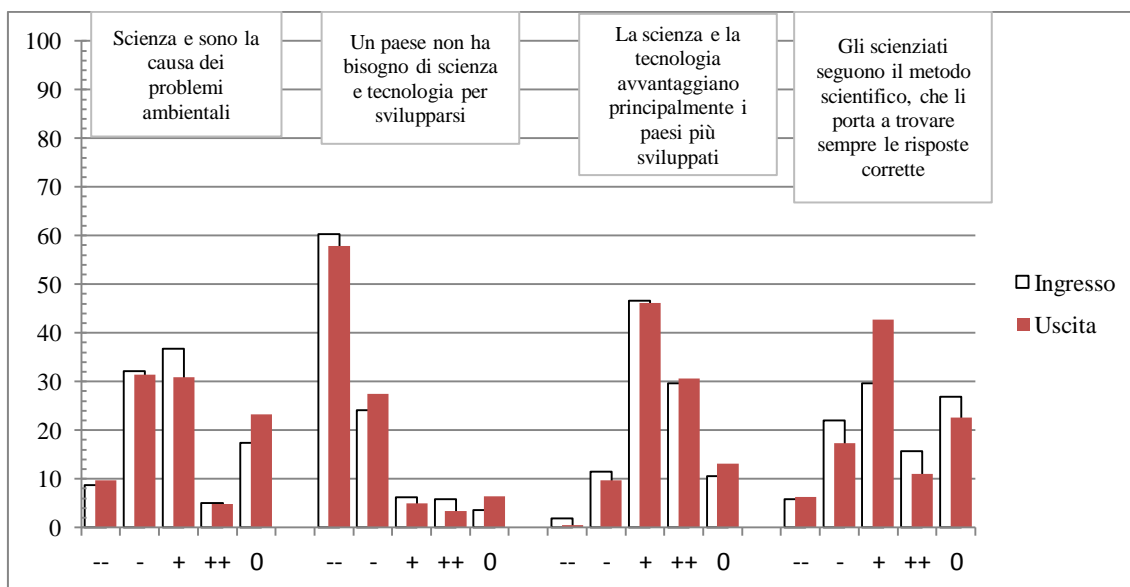
(a)



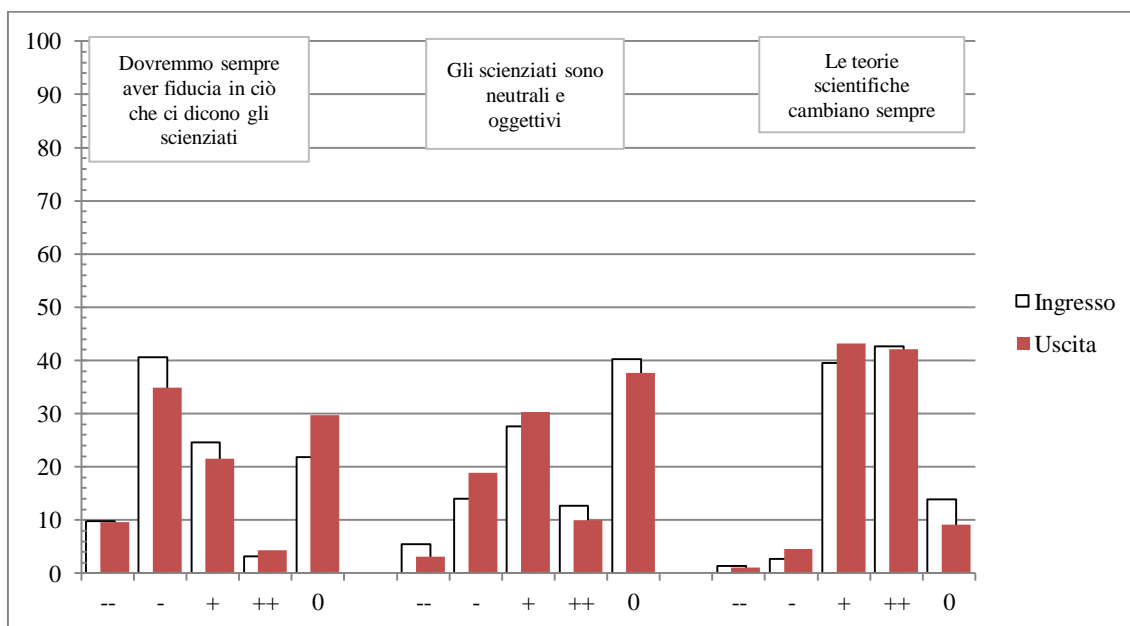
(b)

Figura 10- Risposte fornite dagli studenti alla domanda 1 del questionario di figura 8. I dati sono espressi in frazioni percentuali rispetto al numero totale di risposte fornite (205 ± 5 , vedi tabelle a11-a70 in appendice). Le barre di colore bianco rappresentano le risposte in ingresso, mentre quelle di colore rosso le risposte in uscita. Le diverse possibilità di risposta sono specificate nella legenda.

Legenda: -- = Totalmente in disaccordo; - = Parzialmente in disaccordo; + = Parzialmente d'accordo; ++ = Totalmente d'accordo; 0 = Non so



(a)



(b)

Figura 11- Risposte fornite dagli studenti alla domanda 1 del questionario di figura 8. I dati sono espressi in frazioni percentuali rispetto al numero totale di risposte fornite (205 ± 5 , vedi tabelle a11-a70 in appendice). Le barre di colore bianco rappresentano le risposte in ingresso, mentre quelle di colore rosso le risposte in uscita. Le diverse possibilità di risposta sono specificate nella legenda.

Legenda: -- = Totalmente in disaccordo; - = Parzialmente in disaccordo; + = Parzialmente d'accordo; ++ = Totalmente d'accordo; 0 = Non so

Roberta ha appena letto sul suo libro di scienze qualcosa che sembra in disaccordo con la sua esperienza di vita di tutti i giorni. Per imparare bene le discipline scientifiche, però, Roberta sa che non deve tener conto della sua esperienza personale ma accettare ciò che dice il libro.

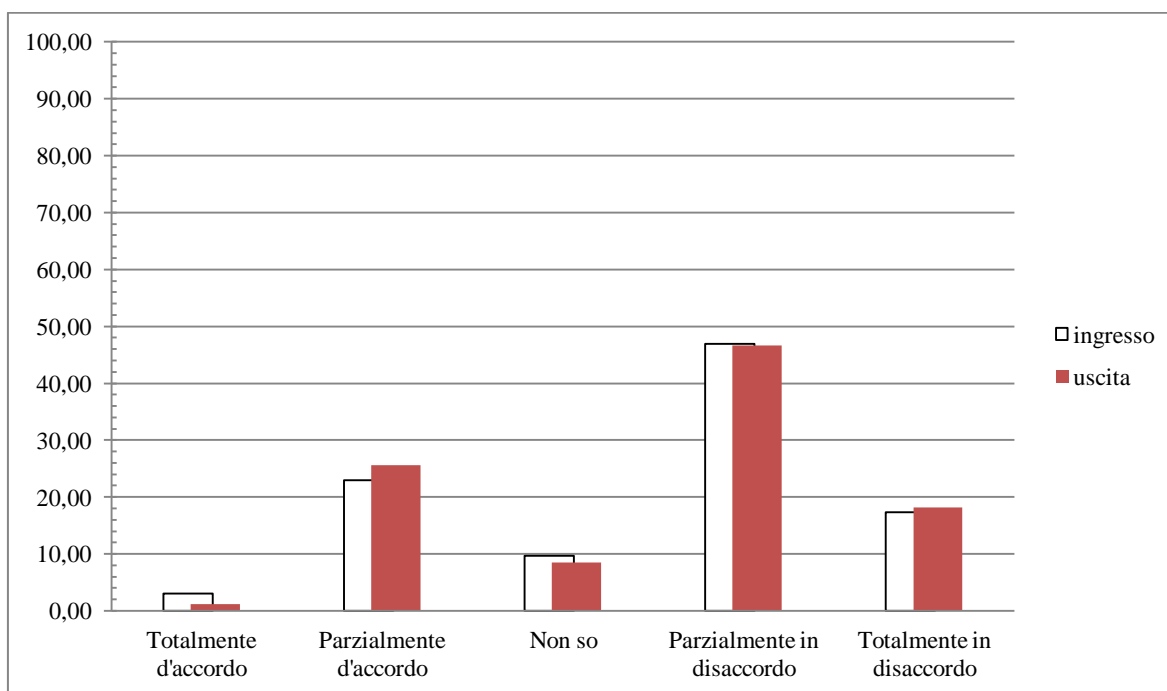


Figura 12- Risposte fornite dagli studenti alla domanda 2 del questionario di figura 8. I dati sono espressi in frazioni percentuali rispetto al numero totale di risposte fornite (205 ± 5 , vedi tabelle a11-a70 in appendice). Le barre di colore bianco rappresentano le risposte in ingresso, mentre quelle di colore rosso le risposte in uscita. Le diverse possibilità di risposta sono specificate nella legenda.

I risultati mostrano come già in ingresso, gli studenti abbiano una percezione positiva della Scienza, intesa anche come materia studiata a scuola. Infatti, l'86% del campione dichiara che la scienza che si studia a scuola è interessante (vedi fig. 9a), sebbene per il 30% non sia facile da capire. Inoltre, al termine del percorso, l'89% degli studenti ha dichiarato che studiare questa disciplina ha fatto loro comprendere che esistono cose da fare nuove ed interessanti, mentre il numero di studenti che condivide l'affermazione "La scienza che si studia a scuola mi ha mostrato l'importanza di questo argomento per la nostra vita", passa dal 67% al 74% (vedi fig. 9a). In quest'ultimo caso, è interessante analizzare le differenze tra i risultati riguardanti le classi prime (vedi tabelle a29-a46 in appendice) e quelli relativi alle classi terze e quarte (vedi tabelle n. a11-a28 e a47-a70 in appendice); infatti, gli studenti under-16 che dichiarano di condividere l'affermazione precedente, passano dal 59% al 72%, mentre per gli studenti over-16, che frequentano tutti un Liceo Scientifico e sono quindi già predisposti per le scienze, il miglioramento è meno evidente in quanto già in ingresso il 70% degli studenti si dichiara d'accordo. Questi risultati portano a pensare che gli studenti più grandi abbiano affrontato il percorso con un'idea già consolidata in merito all'importanza delle discipline scientifiche, grazie al maggior numero di anni di studio delle discipline stesse. Per ciò che riguarda gli studenti più giovani, il risultato ottenuto è sicuramente degno di nota, soprattutto perché dai dati si nota come l'aumento del numero di studenti in accordo con l'affermazione, sia collegato ad una diminuzione degli studenti in totale disaccordo e di quelli che in ingresso non hanno espresso alcuna idea.

In merito alla percezione degli studenti riguardo i vantaggi che derivano dalla scienza e dalla tecnologia, anche in questo caso notiamo come già in ingresso, la maggior parte si mostra d'accordo in merito alla possibilità che tramite la scienza e la tecnologia, si possano trovare rimedi per le malattie più diffuse, oltre al fatto che le nostre vite diventeranno sempre più sicure e confortevoli. È interessante analizzare il dato relativo all'affermazione "Scienza e tecnologia possono risolvere quasi tutti i problemi" (vedi fig. 10b), in cui si nota come la diminuzione degli studenti in disaccordo (dal 38% al 24%), sia data da un piccolo spostamento verso l'accordo (dal 43 al 46%) e da un maggiore spostamento verso l'incertezza (la risposta "non so" passa dal 20 al 30%). Un'analisi più approfondita in merito a questa affermazione, è stata effettuata differenziando i risultati ottenuti per gli studenti under-16 e per quelli più grandi, mostrando come le variazioni siano decisamente differenti. Per gli studenti over-16, il grado di disaccordo decresce dal 43% al 24%, mentre

il grado di accordo passa dal 35% al 47% e aumenta anche il grado di incertezza (dal 22% al 28%), mentre per gli studenti under-16 i dati siano in contrapposizione, mostrando come il grado di disaccordo passi dal 25% al 23%, con una diminuzione del grado di accordo (dal 60% al 46%) e da un aumento dell'incertezza (dal 15% al 31%). Questi dati sembrano indicare che gli studenti più giovani sono più indecisi riguardo l'efficacia della scienza nella risoluzione dei problemi.

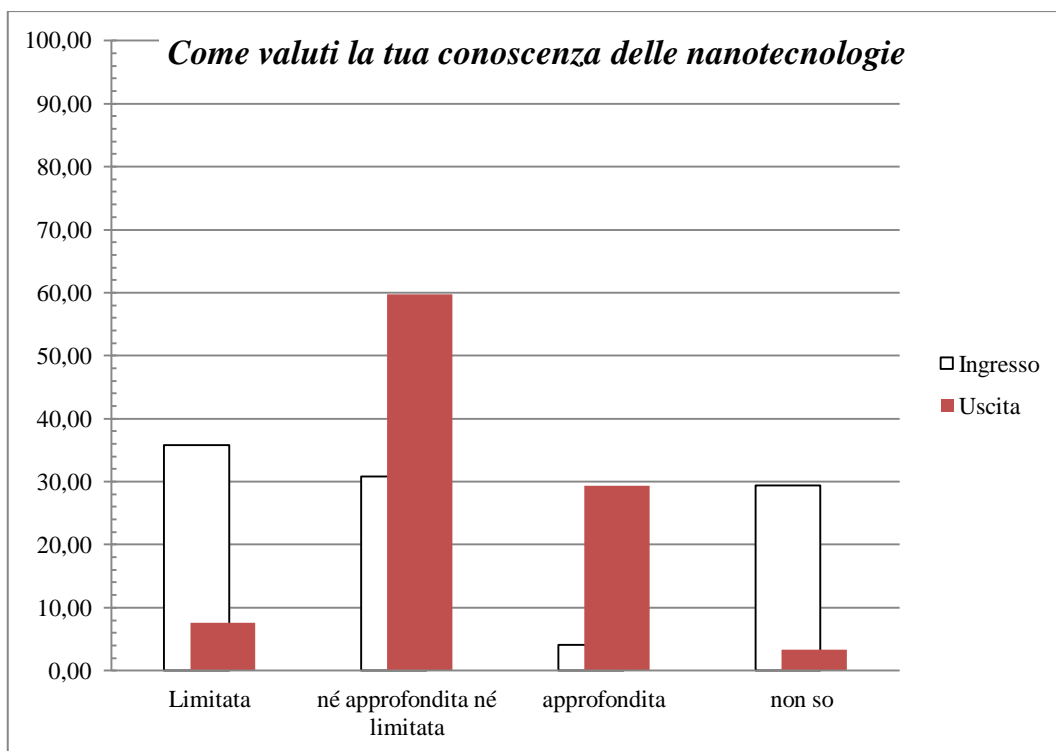
Per ciò che riguarda l'idea degli studenti in merito al lavoro degli scienziati, è interessante analizzare i risultati relativi all'affermazione "Gli scienziati seguono il metodo scientifico che li porta sempre a trovare le risposte corrette". In questo caso, i dati mostrano come già in ingresso, gli studenti d'accordo siano circa la metà (45%) e crescono ulteriormente al termine del percorso (54%). In pratica, gli studenti sono portati a pensare allo scienziato come ad un personaggio infallibile e non prendono in considerazione la possibilità che il lavoro di un ricercatore possa essere successivamente messo in discussione dall'evoluzione della ricerca. Questo dato, però, è in contrapposizione con i risultati relativi all'affermazione "Le teorie scientifiche si sviluppano e cambiano sempre", in cui si vede che già in ingresso l'82% degli studenti si trova d'accordo. Nel loro complesso, i dati mostrano tutte le caratteristiche, spesso anche contraddittorie, presenti nelle opinioni riguardo la "Natura della Scienza" (Nature of Science, NOS) che sono state ampiamente messe in evidenza in studi specifici (84) (85). Un'attenta analisi di questi risultati meriterebbe maggiore approfondimento anche utilizzando questionari progettati specificamente per questo scopo (86). Tuttavia questa analisi esula dagli obiettivi del presente lavoro e, d'altra parte, il percorso didattico sperimentato non conteneva elementi che potessero influenzare direttamente questi aspetti. Di conseguenza gli aspetti direttamente legati a NOS non verranno ulteriormente discussi. Per quanto riguarda i nostri scopi, si può affermare che il percorso didattico a cui gli studenti sono stati sottoposti, in molti casi ha inciso positivamente orientandoli verso una maggiore sensibilità riguardo la rilevanza della ricerca scientifica e tecnologica.

Il secondo obiettivo del questionario era verificare se, al termine del percorso, gli studenti avessero acquisito delle conoscenze in più in merito al campo di ricerca delle nanotecnologie. Per valutare questo aspetto, sono state proposte le domande n 3, 4 e 5 (vedi figura 8) i cui risultati sono riportati nelle figure 13 e 14.

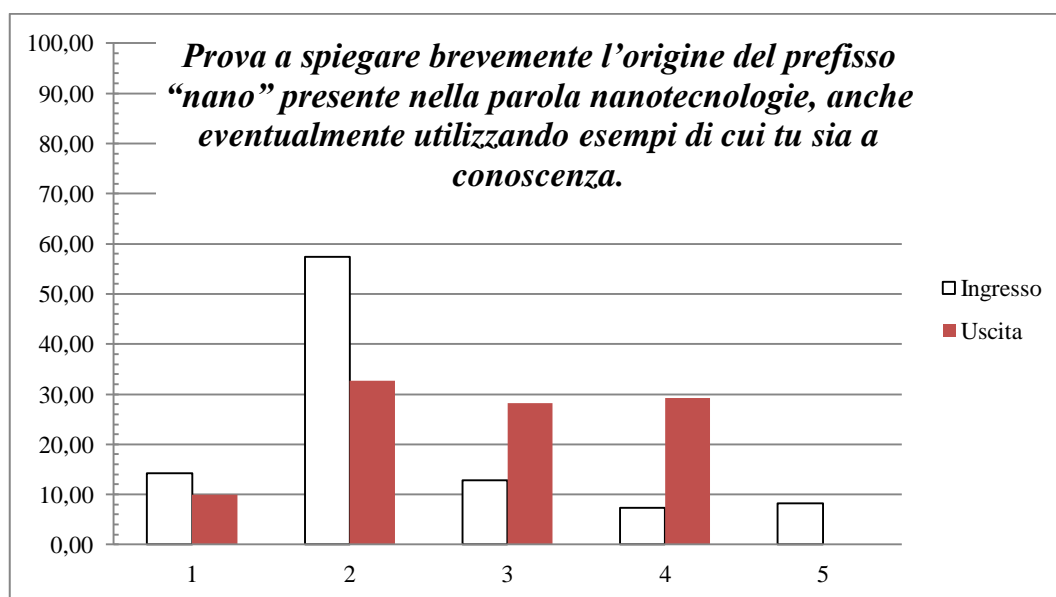
L'analisi delle risposte alla domanda aperta 4 (vedi figura 13), è stata realizzata raggruppando le risposte in 5 gruppi differenti, secondo il seguente schema:

Gruppo	Tipologia di risposta
1	Lo studente non risponde
2	Lo studente risponde identificando il prefisso “nano” con qualcosa di piccolo
3	Lo studente risponde identificando il prefisso “nano” con qualcosa di piccolo e indicando l’ordine di grandezza (10^{-9})
4	Lo studente risponde identificando il prefisso “nano” con qualcosa di piccolo e specificando che tale prefisso si utilizza per indicare qualcosa nell’ordine di grandezza di atomi e molecole
5	Lo studente risponde senza collegare il prefisso “nano” ad una dimensione

In figura 14 sono riportati i risultati relativi alle risposte fornite alla domanda n. 5 del questionario: " *Secondo te che impatto avranno nel futuro le nanotecnologie riguardo a*" secondo la scala riportata nella didascalia per i diversi settori indicati in ciascun grafico.



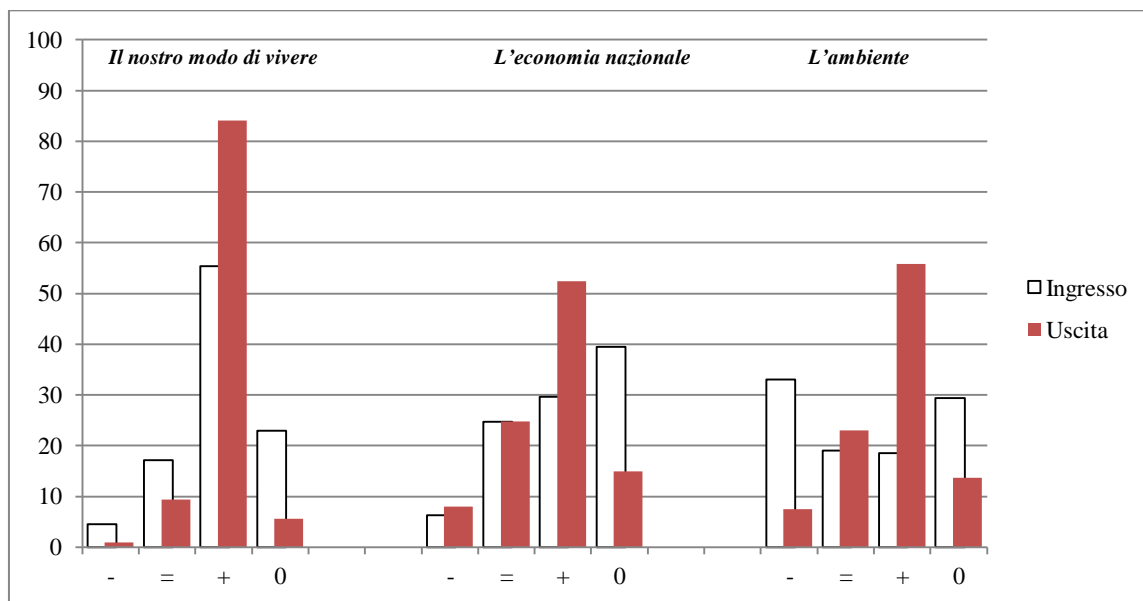
(a)



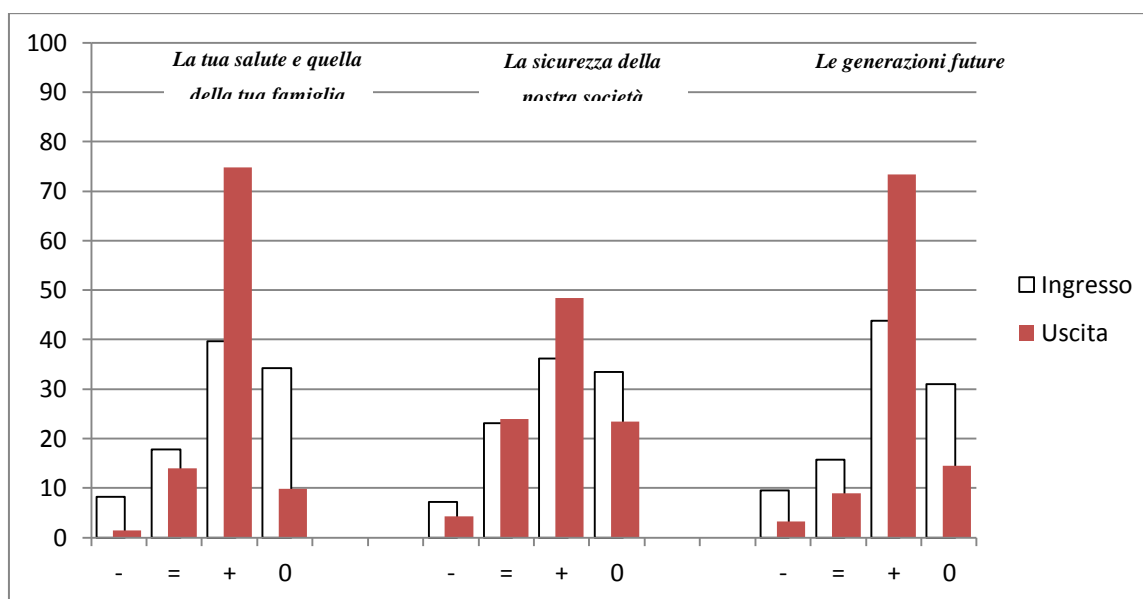
(b)

Figura 13 - Quesiti n. 3 e 4. Per il grafico (b), le ascisse riportano il numero identificativo del gruppo (vedi testo)

Secondo te che impatto avranno nel futuro le nanotecnologie riguardo a



(a)

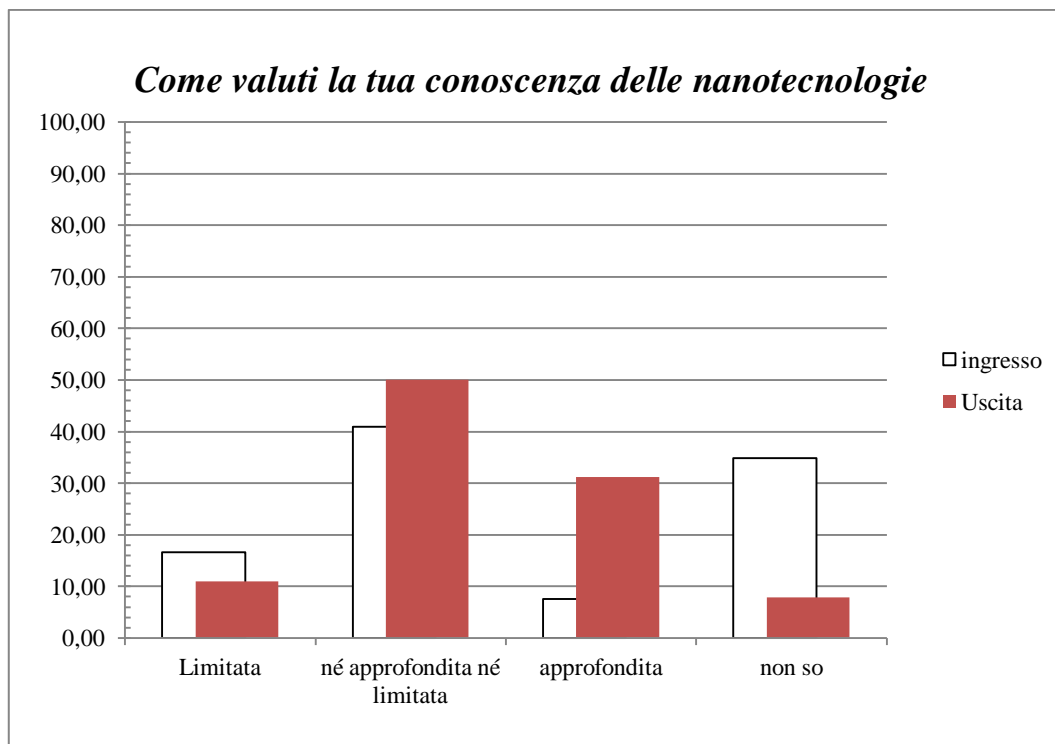


(b)

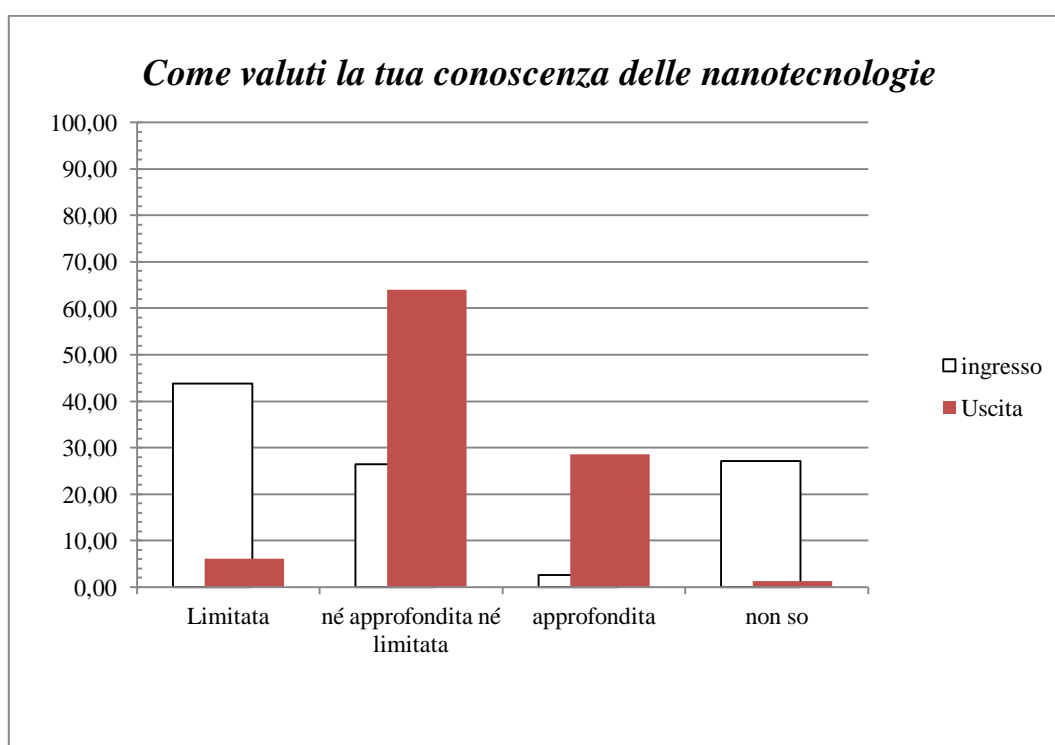
Figura 14 - Risposte fornite dagli studenti alla domanda 5 del questionario di figura 8. I dati sono espressi in frazioni percentuali rispetto al numero totale di risposte fornite (205 \pm 5, vedi tabelle a11-a70 in appendice). Le barre di colore bianco rappresentano le risposte in ingresso, mentre quelle di colore rosso le risposte in uscita. Le diverse possibilità di risposta sono specificate nella legenda

Legenda: - negativo; = né positivo né negativo; + positivo; 0 non so

Per quanto riguarda la domanda n. 3 (vedi fig. 13a), è possibile notare come in ingresso, il 65% degli studenti dichiara di avere una limitata conoscenza di questo campo di ricerca o non si esprime al riguardo, mentre solo il 4% afferma di conoscere le nanotecnologie in modo approfondito. Al termine del percorso, solo l'11% degli studenti dichiara di avere ancora una conoscenza limitata dell'argomento o non si esprime, mentre il 60% dichiara che la sua conoscenza si può classificare ad un livello intermedio. Infine, gli studenti che affermano di avere una conoscenza approfondita delle nanotecnologie cresce al 29%, mostrando come la trattazione di argomenti di tipo scientifico anche a scuola, produca comunque una maggiore informazione degli studenti sugli argomenti discussi. In figura 15 sono confrontati i dati disaggregati relativi a studenti del biennio e del triennio.



(a)



(b)

Figura 15 – risposte alla domanda n. 3 differenziate per età degli studenti

Si può osservare che l'impatto del percorso sull'informazione riguardante le nanotecnologie, è più marcato per gli studenti del triennio e si manifesta in tutte le opzioni. In particolare, al termine della sperimentazione, il numero degli studenti over-16 che dichiara di non conoscere il campo di ricerca delle nanotecnologie o di non sapere quale scelta effettuare passa dal 71% al 7%; ciò è probabilmente imputabile al fatto che, a seguito del seminario introduttivo, gli studenti più maturi sono stati maggiormente indotti ad approfondire autonomamente l'argomento.

Per quanto riguarda la domanda n. 4, sulla definizione del prefisso “nano”, in ingresso solo il 20% degli studenti collega tale prefisso con una dimensione, indicando l'ordine di grandezza in termini numerici o riferendosi a atomi e molecole; al termine del percorso quasi tutti gli studenti identificano correttamente il collegamento tra il prefisso e le dimensioni e il 57% lo collega correttamente all'ordine di grandezza; in particolare, il numero di studenti che specifica come il prefisso “nano” sia utilizzato per definire oggetti nell'ordine di grandezza di atomi e molecole, passa dal 7% al 29%.

In merito ai risultati relativi alla domanda n. 5, è evidente che al termine del percorso sperimentale, aumentano gli studenti che ritengono che le nanotecnologie avranno un impatto positivo nei vari settori e diminuiscono sia quelli che inizialmente ipotizzavano dei problemi ma in misura maggiore diminuisce il numero di persone che non sceglie nessuna risposta, indice del fatto che in uscita quasi tutti gli studenti sono convinti di aver acquisito una maggiore conoscenza dell'argomento. In particolare, in ingresso solo il 19% di studenti riteneva che le nanotecnologie avranno un impatto positivo nel futuro per ciò che riguarda l'ambiente e questo dato è in accordo con una delle più diffuse idee in merito alla chimica, che viene vista come qualcosa di potenzialmente inquinante. Al termine del percorso, il numero di studenti che ipotizzano un impatto positivo delle nanotecnologie sull'ambiente, cresce fino a raggiungere il 56%, mentre il numero di studenti che ipotizzano un impatto negativo passa dal 33% al 7%. Questi dati evidenziano come durante il percorso gli studenti abbiano recepito che la chimica non produce solo danni nei confronti dell'ambiente ma, se ben utilizzata, può creare effetti positivi. Un altro aspetto in cui il cambiamento verso la positività è particolarmente evidente, è quello legato alla salute, dove il numero di studenti che ritiene che le nanotecnologie saranno utili passa dal 40% al 75%, mostrando come grazie al percorso seguito, il 35% degli studenti ha compreso le potenzialità delle nanotecnologie in campo medico.

Osservando i risultati in merito all'impatto delle nanotecnologie nelle generazioni future, si nota come, anche in questo caso, la fiducia degli studenti sulla possibilità che ci siano effetti positivi, passa dal 43% al 73%.

In generale e indistintamente per gli studenti del biennio e del triennio, un aumento del grado di informazione sull'argomento, ha indotto un maggiore grado di fiducia da parte degli studenti nei confronti delle nanotecnologie.

Il terzo e ultimo obiettivo del questionario, riguardava l'eventuale cambio di atteggiamento degli studenti in merito alla possibilità di utilizzare nella pratica didattica, spunti tratti dalla moderna ricerca scientifica e tecnologica per introdurre i concetti base della chimica. Questo aspetto è stato analizzato proponendo agli studenti tre quesiti a risposta aperta; l'analisi delle risposte è stata realizzata classificandole in gruppi, secondo i seguenti schemi:

Domanda n. 6 (vedi figura 16)

Gruppo	Tipologie
1	Lo studente non risponde
2	Lo studente risponde positivamente
3	Lo studente risponde positivamente ma sottolinea che non bisogna approfondire gli argomenti in quanto non verrebbero compresi
4	Lo studente risponde negativamente

Domanda n. 7 e 8 (vedi figure 17 e 18)

Gruppo	Tipologie
1	Lo studente non risponde
2	Lo studente risponde in modo generico, senza alcun esempio
3	Lo studente risponde offrendo esempi concreti

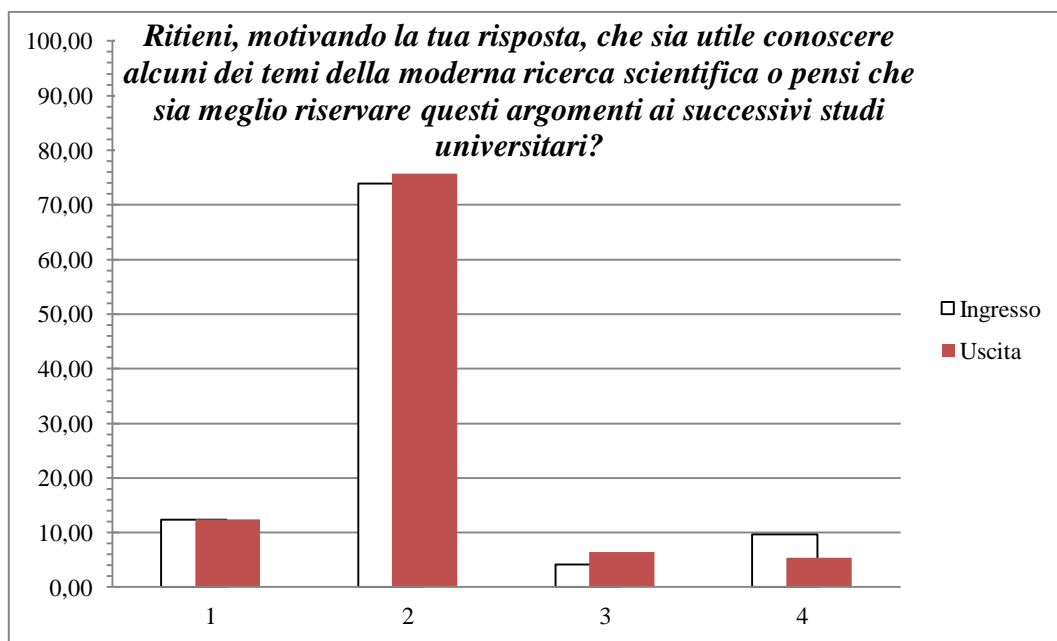


Figura 15 - Risposte fornite dagli studenti alla domanda 6 del questionario di figura 8. I dati sono espressi in frazioni percentuali rispetto al numero totale di risposte fornite (205 ± 5 , vedi tabelle a11-a70 in appendice). Le barre di colore bianco rappresentano le risposte in ingresso, mentre quelle di colore rosso le risposte in uscita. Le ascisse riportano il numero identificativo del gruppo (vedi testo)

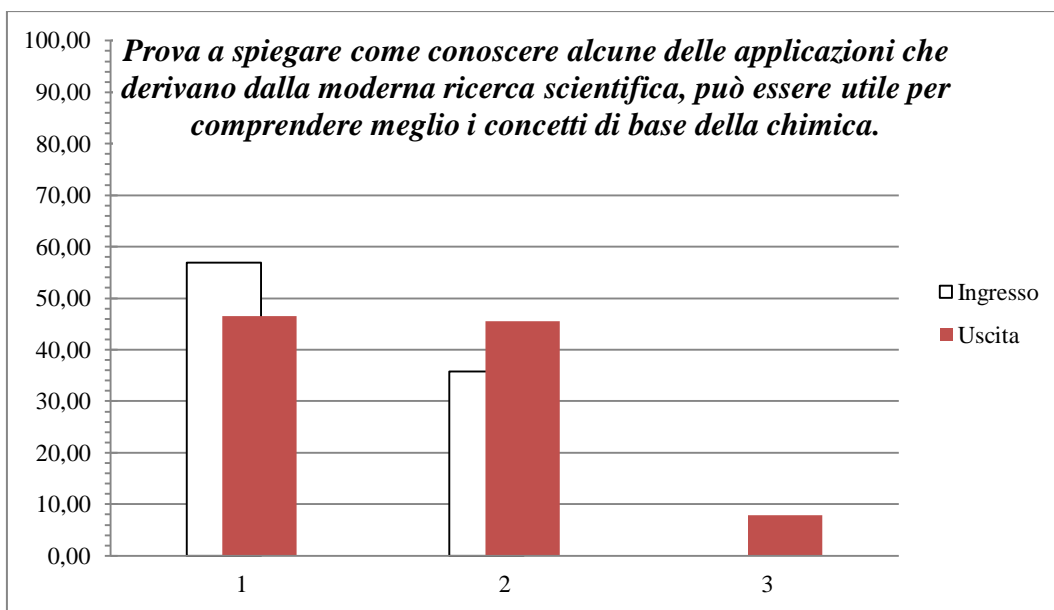


Figura 16 – Risposte fornite dagli studenti alla domanda 7 del questionario di figura 8. I dati sono espressi in frazioni percentuali rispetto al numero totale di risposte fornite (205 ± 5 , vedi tabelle a11-a70 in appendice). Le barre di colore bianco rappresentano le risposte in ingresso, mentre quelle di colore rosso le risposte in uscita. Le ascisse riportano il numero identificativo del gruppo (vedi testo)

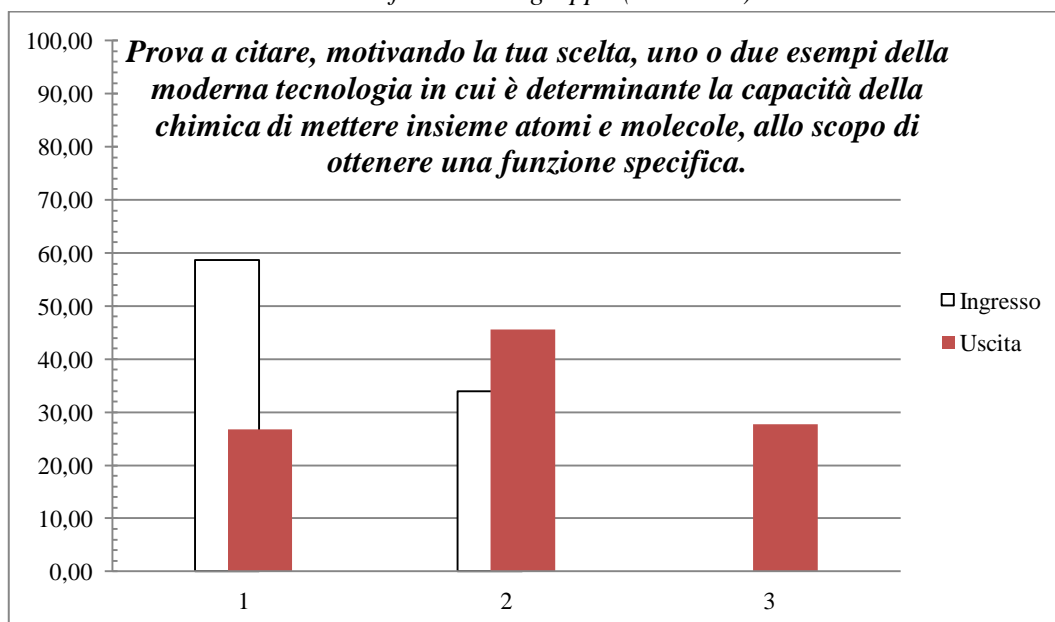


Figura 17 - Risposte fornite dagli studenti alla domanda 8 del questionario di figura 8. I dati sono espressi in frazioni percentuali rispetto al numero totale di risposte fornite (205 ± 5 , vedi tabelle a11-a70 in appendice). Le barre di colore bianco rappresentano le risposte in ingresso, mentre quelle di colore rosso le risposte in uscita. Le ascisse riportano il numero identificativo del gruppo (vedi testo)

Per quanto riguarda la domanda n. 6, si nota come già in ingresso una notevole percentuale di studenti (74%) ritiene interessante introdurre questi temi anche prima di affrontare studi universitari per cui l'effetto del percorso non è particolarmente evidente. Infatti la distribuzione delle risposte alle varie opzioni, rimane praticamente inalterata prima e dopo il percorso. Una lieve diminuzione (dal 10% al 5%) si osserva fra gli studenti che non ritengono utile affrontare argomenti di ricerca scientifica durante il curriculum scolastico. Tuttavia, analizzando le motivazioni date dagli studenti, si nota come un certo mutamento di opinione sia avvenuto, in quanto inizialmente il 22% degli alunni ha evidenziato l'utilità di poter discutere di ricerca durante le loro lezioni ma non ha fornito una motivazione; in uscita, solo il 12% degli studenti non è stato in grado di fornire una motivazione e questo indica che alcuni studenti hanno compreso l'utilità della trattazione della ricerca scientifica già a scuola, indicando che potrebbe essere interessante sia per affrontare meglio i successivi studi universitari, sia per cultura personale in quanto sono argomenti che tutti dovrebbero conoscere.

Nel caso della domanda n. 7, i risultati del percorso sono evidenti, in quanto inizialmente nessuno studente riesce a collegare i concetti di base della chimica con la moderna ricerca scientifica mentre in uscita l'8% degli studenti risponde con esempi concreti. Inoltre, diminuisce il numero di alunni che non rispondono (dal 61% al 47%), mentre gli studenti che rispondono in modo generico senza indicare alcun esempio passa dal 39% al 46%. Da questi risultati si nota che almeno per una ventina di studenti, il percorso ha reso evidente che specifici concetti base della chimica sono importanti per la ricerca e per lo sviluppo tecnologico.

Le stesse conclusioni sono confermate dall'analisi delle risposte al quesito n. 8 (vedi fig. 17), in cui in ingresso nessun alunno è in grado di dare una risposta motivandola in modo concreto, mentre in uscita il 28% degli studenti cita almeno uno degli esempi trattati durante la fase Engage+ e identifica in modo corretto i concetti di base collegati con tale esempio.

4.7 Analisi quantitativa delle risposte aperte

Come indicato nel paragrafo 4.4, nel questionario utilizzato nella seconda fase della sperimentazione (vedi fig. 6 e 7), veniva anche chiesto agli studenti di motivare in forma aperta la scelta fra le varie opzioni da loro effettuata. Nella fase di esame dei risultati

presenta nel paragrafo precedente, le motivazioni fornite dagli studenti relativamente alla risposta selezionata ed espresse in forma aperta, ha solo fornito, in termini qualitativi, una indicazione generale sulla coerenza fra l'opzione selezionata e la motivazione di tale scelta. Allo scopo di identificare eventuali caratteristiche differenti e distintive di particolari strategie di risposta, è stato deciso di effettuare anche un'indagine di tipo quantitativo. A questo scopo, è stato utilizzato un metodo di analisi quantitativa di questionari a risposta aperta, noto come *analisi non gerarchica dei cluster* (87), che viene brevemente descritto di seguito.

4.7.1 Descrizione del metodo

La cluster analysis è un metodo di analisi statistica di dati ottenuti da questionari a risposta aperta che raggruppa le unità sperimentali in classi secondo un criterio di similarità, cioè determina un certo numero di gruppi in modo tale che le risposte al questionario siano il più possibile omogenee all'interno di un gruppo e il più possibile disomogenee tra i gruppi. Per condurre un'analisi tramite questo metodo, è necessario inizialmente definire il modo con cui calcolare la distanza tra le unità che rappresenta il grado di similarità tra due soggetti differenti. A questo scopo, viene spesso utilizzata la distanza Euclidea, cioè la maggiore o minore somiglianza tra due punti, data dalla distanza geometrica tra di essi. Per procedere con l'analisi dei dati, è necessario scegliere il metodo di classificazione e il criterio di aggregazione o suddivisione, in modo da definire la procedura di calcolo che, tramite iterazioni successive, assegna gli oggetti ai vari cluster. I metodi di classificazione più comuni si distinguono in *metodi gerarchici* e *metodi non gerarchici* (88) (89) (90) (91) (92).

Nel presente lavoro è stato scelto di utilizzare un metodo di classificazione non gerarchico, per cui nel seguito si farà riferimento solo a questo tipo di analisi.

I metodi di classificazione non gerarchici sono di tipo aggregativo, cioè gli n oggetti iniziali vengono fusi in gruppi secondo diversi criteri di aggregazione: il metodo del legame singolo (misura della distanza tra i due punti più vicini di due cluster differenti), il metodo del legame completo (misura della distanza tra i due punti più lontani dei due cluster), il metodo del legame medio (calcolo della media delle distanze tra tutte le coppie di punti dei due cluster) o il metodo dei centroidi, che può essere applicato solo a variabili quantitative e misura la distanza tra i baricentri di ogni gruppo. Si tratta di metodi i cui algoritmi di calcolo sono spesso complessi e per renderli più semplici si sceglie a priori il

numero di cluster da considerare, ottenendo una procedura che produrrà la distribuzione delle n unità in un numero di cluster predefinito. Il primo passo consiste nella scelta dei punti di partenza intorno ai quali aggregare le unità che, successivamente, possono essere spostate da un cluster ad un altro se la scelta iniziale si rivela inappropriata. Inizialmente i centri provvisori dei cluster sono identificati in modo arbitrario e si creano i primi gruppi calcolando la distanza tra le varie unità e uno di questi centri; successivamente vengono calcolati i baricentri dei gruppi utilizzando il metodo del centroide (cioè l'*individuo medio*). Per ogni gruppo viene poi calcolata la varianza interna, la cui somma estesa a tutti gli oggetti del gruppo, si indica con W_0 . L'algoritmo fissa, quindi, i baricentri appena calcolati come nuovi centri provvisori e ripete il procedimento di raggruppamento delle varie unità intorno ai centri basandosi sulla minima distanza; si procede al calcolo dei nuovi baricentri e della nuova somma delle varianze interne ad ogni classe, indicata con W_1 . Si procede con queste iterazioni successive finché non ci sono più spostamenti tra i cluster oppure la differenza tra le varianze di due iterazioni successive è inferiore ad un valore definito.

Esistono diversi algoritmi per i metodi non gerarchici, che differiscono per i seguenti aspetti: a) come sono scelti i punti di partenza; b) come vengono assegnati gli elementi ai diversi centri; c) come le unità vengono eventualmente riassegnate ad un gruppo diverso. In genere, si parte da una partizione iniziale e si cerca di migliorarla in funzione del criterio di minimizzazione della varianza interna. Nel caso del presente lavoro di tesi, è stato scelto di analizzare i dati con l'algoritmo denominato K-Means.

L'algoritmo K-Means sceglie come centri provvisori i primi k individui, dove k è inizialmente scelto arbitrariamente, e successivamente posiziona le restanti $n-k$ unità; ad ogni assegnazione si ricalcola subito il centroide del gruppo che si è modificato e quindi la varianza. La regola di stop è data dalla minimizzazione della differenza tra le somme delle varianze di due iterazioni successive. Per definire il miglior numero di cluster iniziali, viene utilizzata una specifica funzione, chiamata Silhouette Function (93); il numero ottimale di cluster è quello che produce il massimo valor medio della funzione Silhouette. Dopo aver distribuito i soggetti nei cluster, viene calcolato il centroide, che può essere definito come un punto che rappresenta il centro della distribuzione spaziale di tutti gli elementi del cluster.

Per applicare il metodo appena descritto, le risposte aperte fornite dagli studenti sono state analizzate ricercando possibili strategie di risposte comuni; in questo modo è stato

ottenuto un numero M di strategie di risposta per gli N studenti che hanno risposto al questionario. Ogni studente può, quindi, essere rappresentato da un vettore composto da M componenti di valore 1 e 0, dove 1 indica che il soggetto ha usato una determinata strategia per rispondere ad una domanda, mentre 0 indica che lo studente non ha utilizzato quella particolare strategia; il gruppo complessivo di N studenti sarà quindi rappresentato da una matrice binaria di dimensioni N righe \times M colonne. Questa matrice binaria contiene tutte le informazioni necessarie per descrivere il comportamento del campione nel compilare il questionario. L'analisi di questa matrice ha portato all'identificazione di un certo numero di cluster e dei loro centroidi. Ciascun centroide è caratterizzato da un vettore analogo a quelli utilizzati per descrivere le strategie di risposta degli studenti. La caratterizzazione dei vettori rappresentativi di ciascun centroide, mostra che essi contengono le strategie di risposta maggiormente utilizzate dagli studenti. Infatti, il centroide può essere rappresentato come un punto geometrico nello spazio dei dati tale che la somma delle distanze tra il centroide stesso e tutti i punti sia minima.

4.7.2 Percorso sui legami chimici e le interazioni intermolecolari

Un'ispezione preliminare delle risposte relative a questo percorso, ha evidenziato che, nel caso delle classi prime, la maggioranza degli studenti non ha fornito in ingresso motivazioni alle proprie scelte in forma aperta e ciò, ovviamente, renderebbe inattendibile qualsiasi ulteriore analisi quantitativa. Di conseguenza sono stati separati i risultati di tabella XI in due sottogruppi riportati nelle tabelle XIII e XIV.

Tabella XIII. Risultati della sperimentazione riguardante il percorso n. 1 per le classi prime. I dati sono espressi come frazioni percentuali rispetto al numero totale di studenti che hanno risposto. La risposta corretta è riportata per prima, mentre la concezione alternativa più comune è riportata subito dopo e i valori sono inseriti nel seguente ordine: in ingresso, al termine del modulo e dati di letteratura

Quesito*	Concetti Di Base	Percorso sperimentale		Bibliografia
		Prima	Dopo	
A	1) Stabilità degli atomi impegnati in un legame			
	Entrambi gli atomi impegnati in un legame hanno il guscio di valenza completo	31	56	30
	Uno dei due atomi impegnati in un legame ha il guscio di valenza completa	16	20	52

<i>B</i>	<i>2) Legame covalente singolo</i>			
	Ogni atomo coinvolto in un legame, condivide uno dei suoi elettroni con l'altro atomo	26	75	66
	Solo uno dei due atomi coinvolti in un legame, condivide uno dei suoi elettroni con l'altro atomo	22	13	25
<i>C</i>	<i>3) Legame covalente doppio</i>			
	Ogni atomo coinvolto in un legame, condivide due dei suoi elettroni con l'altro atomo	34	80	66
	Solo uno dei due atomi coinvolti in un legame, condivide due dei suoi elettroni con l'altro atomo	29	6	25
<i>D</i>	<i>4) Polarità dei legami</i>			
	In un legame polare, gli elettroni non sono distribuiti in modo uniforme	36	63	61
	In tutti i legami covalenti gli elettroni condivisi sono egualmente distribuiti tra i due atomi	30	30	23
<i>E</i>	<i>5) Trasferimento elettronico in un legame ionico</i>			
	Le interazioni elettrostatiche sono causate da un trasferimento di elettroni	34	69	34
	Nessuna identificazione del processo di trasferimento elettronico	26	9	47
<i>F</i>	<i>6) Regola dell'ottetto</i>			
	L'atomo di azoto può condividere tre coppie di elettroni	31	89	-
	L'atomo di azoto può condividere 5 coppie di elettroni	33	3	20
<i>G</i>	<i>7) Momento di dipolo e simmetria molecolare</i>			
	I dipoli che identificano legami covalenti polari, devono essere addizionati come dei vettori	25	51	-
	Le molecole con legami covalenti polari sono polari	22	10	34
<i>H</i>	<i>8) Forma delle molecole</i>			
	La forma delle molecole è dovuta alla repulsione tra le coppie di elettroni di legame e di non legame	25	58	-
	La forma delle molecole è dovuta alla repulsione delle coppie di elettroni di non legame	28	11	22

<i>I</i>	<i>10) Interazioni intermolecolari</i>			
	Le forze intermolecolari presenti tra molecole covalenti, sono più deboli delle forze elettrostatiche presenti nei legami ionici	27	16	30
	Non c'è differenza tra l'intensità delle forze intermolecolari in molecole diverse	19	6	55
	È più facile rompere i legami covalenti rispetto a quelli ionici*	27	66	-
<i>J</i>	<i>9) Legame a idrogeno</i>			
	Il legame a idrogeno ha una particolare configurazione spaziale	37	54	69
	Il legame tra le molecole d'acqua è un legame dipolo-dipolo	20	34	2

Numero totale di studenti = 65

*Opzione maggiormente selezionata

Tabella XIV. Risultati della sperimentazione riguardante il percorso n. 1 per le classi terze. I dati sono espressi come frazioni percentuali rispetto al numero totale di studenti che hanno risposto. La risposta corretta è riportata per prima, mentre la concezione alternativa più comune è riportata subito dopo e i valori sono inseriti nel seguente ordine: in ingresso, al termine del modulo e dati di letteratura

Quesito*	Concetti Di Base	Percorso sperimentale		Bibliografia
		Prima	Dopo	
<i>A</i>	<i>1) Stabilità degli atomi impegnati in un legame</i>			
	Entrambi gli atomi impegnati in un legame hanno il guscio di valenza completo	37	80	30
	Uno dei due atomi impegnati in un legame ha il guscio di valenza completa	12	15	52
<i>B</i>	<i>2) Legame covalente singolo</i>			
	Ogni atomo coinvolto in un legame, condivide uno dei suoi elettroni con l'altro atomo	52	93	66
	Solo uno dei due atomi coinvolti in un legame, condivide uno dei suoi elettroni con l'altro atomo	20	1	25
<i>C</i>	<i>3) Legame covalente doppio</i>			
	Ogni atomo coinvolto in un legame, condivide due dei suoi elettroni con l'altro atomo	71	98	66

	Solo uno dei due atomi coinvolti in un legame, condivide due dei suoi elettroni con l'altro atomo	14	0	25
<i>D</i>	<i>4) Polarità dei legami</i>			
	In un legame polare, gli elettroni non sono distribuiti in modo uniforme	37	84	61
	In tutti I legami covalenti gli elettroni condivisi sono egualmente distribuiti tra i due atomi	44	11	23
<i>E</i>	<i>5) Trasferimento elettronico in un legame ionico</i>			
	Le interazioni elettrostatiche sono causate da un trasferimento di elettroni	57	81	34
	Nessuna identificazione del processo di trasferimento elettronico	14	6	47
<i>F</i>	<i>6) Regola dell'ottetto</i>			
	L'atomo di azoto può condividere tre coppie di elettroni	48	93	-
	L'atomo di azoto può condividere 5 coppie di elettroni	8	0	20
<i>G</i>	<i>7) Momento di dipolo e simmetria molecolare</i>			
	I dipoli che identificano legami covalenti polari, devono essere addizionati come dei vettori	26	66	-
	Le molecole con legami covalenti polari sono polari	28	14	34
<i>H</i>	<i>8) Forma delle molecole</i>			
	La forma delle molecole è dovuta alla repulsione tra le coppie di elettroni di legame e di non legame	21	65	-
	La forma delle molecole è dovuta alla repulsione delle coppie di elettroni di non legame	25	9	22
<i>I</i>	<i>10) Interazioni intermolecolari</i>			
	Le forze intermolecolari presenti tra molecole covalenti, sono più deboli delle forze elettrostatiche presenti nei legami ionici	17	23	30
	Non c'è differenza tra l'intensità delle forze intermolecolari in molecole diverse	14	6	55
	È più facile rompere i legami covalenti rispetto a quelli ionici**	55	71	-
<i>J</i>	<i>9) Legame a idrogeno*</i>			
	Il legame a idrogeno ha una particolare configurazione	31	60	69

	spaziale			
	Il legame tra le molecole d'acqua è un legame dipolo-dipolo	11	5	2

Numero totale di studenti = 62

**Numero totale di studenti = 43*

***Opzione maggiormente selezionata*

Per quanto riguarda le prime, l'analisi dei risultati mostra un miglioramento complessivo per quasi tutti i quesiti, ma, sulla base dei soli risultati numerici, non è possibile stabilire né la distribuzione delle risposte corrette sull'intera classe, (oppure, in alternativa, l'eventuale presenza di gruppi di studenti migliori), né è possibile eventualmente attribuire il miglioramento a gruppi di studenti definiti. I risultati delle risposte aperte sono riportati nelle tabelle a82-a92 in appendice sotto forma di matrice (come descritto nel paragrafo precedente) e confermano che la maggioranza degli studenti non ha fornito in ingresso motivazioni alle proprie scelte in forma aperta.

Al contrario, applicando il metodo sopra descritto, l'analisi dei risultati del questionario in uscita (tabelle a103-a112 in appendice), ha consentito di identificare tre cluster (vedi fig. 19) e quindi il percorso ha certamente contribuito ad una differenziazione degli studenti. L'identificazione dei centroidi ha consentito di caratterizzare tre ipotetici studenti rappresentativi di ciascun gruppo come descritto di seguito:

- *Centroide 1:* lo studente tipo identificato da questo centroide risponde in modo errato a otto domande su dieci senza fornire alcuna motivazione. Questo tipo di approccio potrebbe indicare risposte casuali o di tipo mnemonico;
- *Centroide 2:* lo studente risponde in modo corretto a quattro domande su dieci, motivando adeguatamente due delle risposte. La presenza di una motivazione, indica che è avvenuto un cambiamento concettuale che ha portato tale studente ad effettuare un ragionamento per fornire la risposta corretta e questo indica una parziale efficacia del percorso. Si può anche osservare che le domande alle quali lo studente risponde in modo errato, sono basate su argomenti trattati nella seconda parte del percorso;
- *Centroide 3:* in questo caso, lo studente tipo risponde correttamente a otto domande su dieci motivandole in modo adeguato. Inoltre, fornisce una motivazione anche nel caso di risposte errate e questo indica che, per gli studenti appartenenti a questo gruppo, il percorso si è rivelato efficace nell'attivare il conflitto cognitivo alla base del cambiamento concettuale.

I risultati ottenuti tramite l'analisi dei dati relativi alle classi terze (vedi tabelle a71-a80 e a93-a102 in appendice), hanno mostrato una suddivisione in gruppi sia per il questionario in ingresso, sia per quello in uscita.

Dai risultati riportati in tabella XIV è evidente come per alcuni argomenti (domande B, C, E, F), almeno la metà degli studenti abbia delle adeguate idee pregresse in merito ai concetti base su cui si fonda il quesito. Questo dovrebbe indicare un campione più strutturato rispetto a quello delle prime e l'analisi dei cluster conferma questa ipotesi; infatti, l'analisi rivela la presenza di tre gruppi distinti (vedi fig. 20a), i cui centroidi sono così caratterizzati:

- *Centroide 1:* lo studente tipo risponde correttamente a quattro domande su dieci, motivandone solo una. Anche nelle risposte errate manca la motivazione. La mancanza di spiegazioni, indica la presenza di idee pregresse che lo studente probabilmente ricorda in modo mnemonico e rispetto alle quali non riesce a fornire una spiegazione;
- *Centroide 2:* lo studente risponde correttamente a due domande su dieci senza fornire alcuna motivazione. Anche in questo caso, le risposte corrette non motivate potrebbero derivare dalla presenza di idee pregresse apprese in modo mnemonico;
- *Centroide 3:* lo studente risponde correttamente a sette domande su dieci e le motiva in modo sufficiente, mentre per le domande errate non è presente alcuna motivazione. Gli alunni appartenenti a questo gruppo, sembrano avere delle adeguate idee pregresse;

In uscita, i risultati numerici mostrano un progresso che per la maggior parte dei quesiti è anche abbastanza evidente e i cluster ottenuti dall'analisi delle risposte aperte confermano questo dato (vedi fig. 20b). Infatti, sono stati identificati tre cluster così caratterizzati:

- *Centroide 1:* lo studente tipo risponde correttamente a otto domande su dieci e sono presenti le motivazioni per sette risposte corrette e per quelle errate. Per gli studenti appartenenti a questo gruppo, è evidente l'efficacia del percorso che li ha portati ad attivare un processo di ragionamento nel rispondere alla domanda;

- *Centroide 2*: lo studente risponde correttamente a sei domande su dieci motivandone cinque; le risposte errate non sono motivate e sono riferite agli argomenti trattati durante l'ultima parte del percorso;
- *Centroide 3*: lo studente risponde correttamente a nove domande su dieci e le argomenta tutte in modo adeguato. Per gli studenti appartenenti a questo gruppo, è evidente l'efficacia del percorso che ha permesso un notevole cambiamento concettuale.

Complessivamente, l'analisi tramite i cluster, consente una migliore caratterizzazione del campione, evidenziando il cambiamento concettuale avvenuto negli studenti.

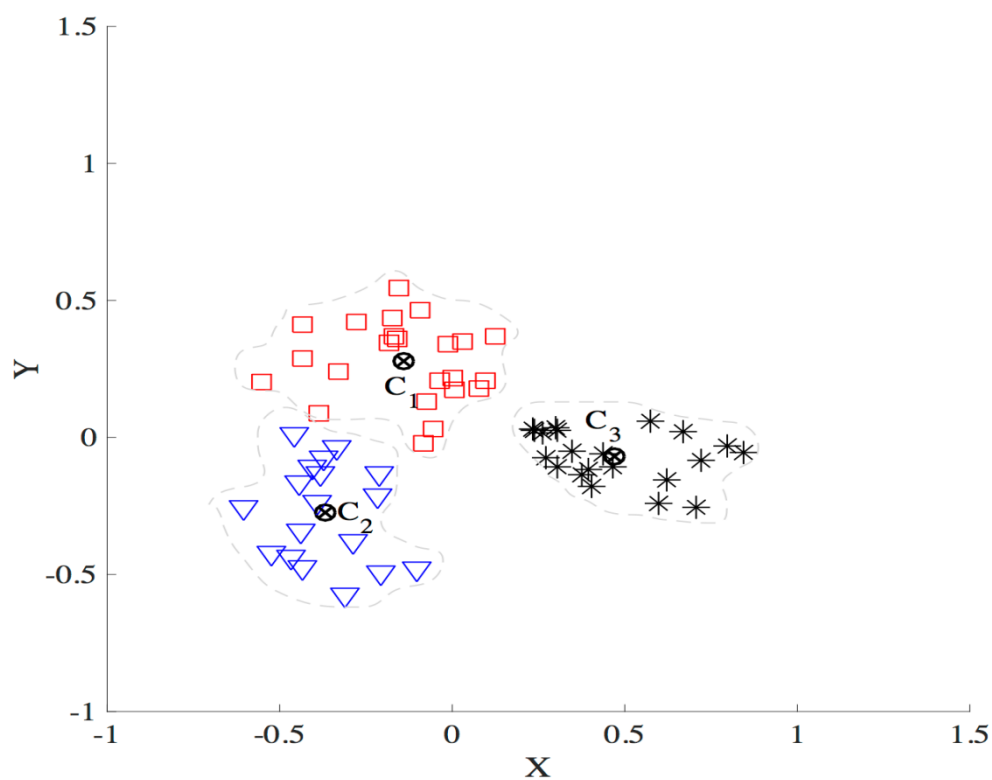
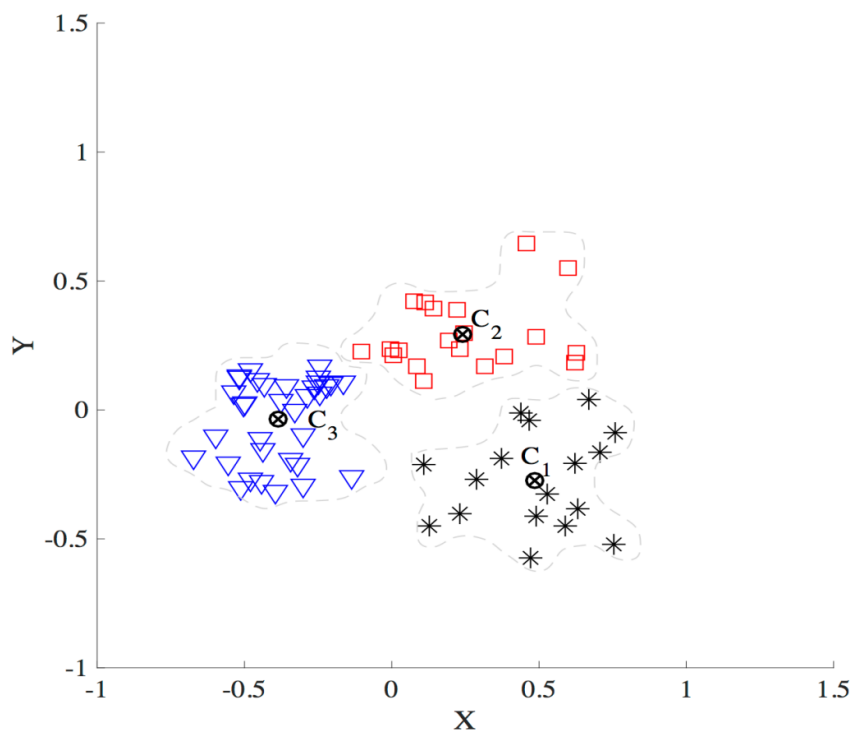
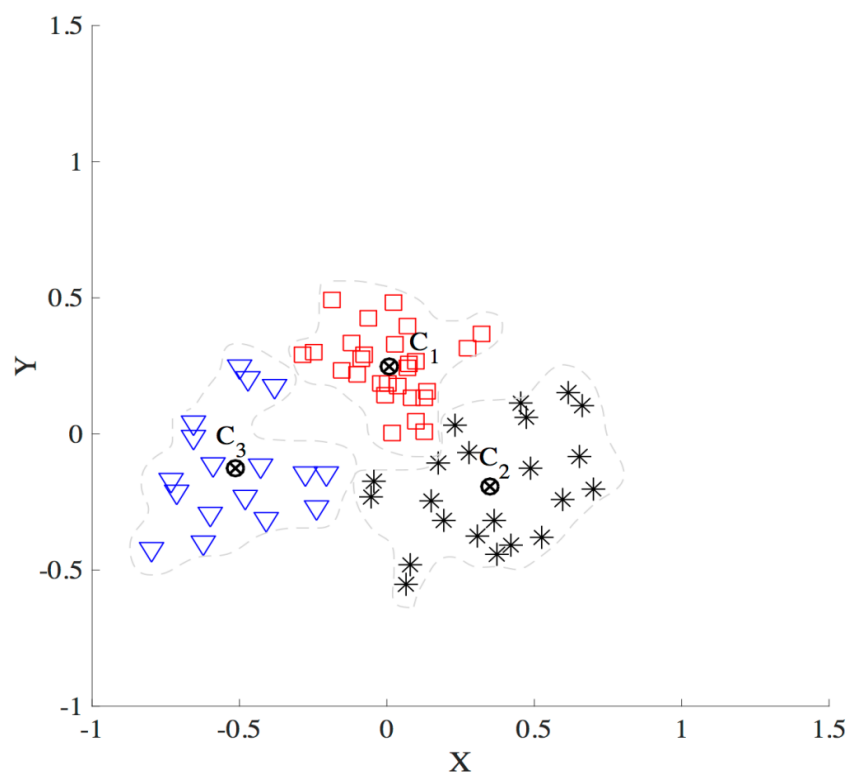


Figura n. 19. Percorso 1. Risultati dell'analisi dei cluster (vedi testo) delle domande aperte del questionario in uscita per le classi prime. Ogni punto rappresenta uno studente, simboli diversi identificano l'attribuzione di ciascuno studente a cluster diversi e ciascun punto identifica la posizione rispetto al corrispondente centroide in un sistema di coordinate arbitrarie X e Y



(a)



(b)

Figura n. 20. Percorso 1. Risultati dell'analisi dei cluster (vedi testo) delle domande aperte del questionario in entrata (a) e in uscita (b) per le classi terze. Ogni punto rappresenta uno studente, simboli diversi identificano l'attribuzione di ciascuno studente a cluster diversi e ciascun punto identifica la posizione rispetto al corrispondente centroide in un sistema di coordinate arbitrarie X e Y .

4.7.3 Percorso sulla delocalizzazione elettronica e le interazioni intermolecolari

Per quanto riguarda il secondo percorso, non è stato necessario effettuare una differenziazione dei dati in quanto il campione era abbastanza omogeneo, per cui nel seguito si fa riferimento ai risultati riportati nella tabella XII.

La cluster analysis dei questionari in ingresso (tabelle a113-a120 in appendice), identifica cinque centroidi (vedi fig. 21a) così caratterizzati:

- *Centroidi 1, 2 e 5:* sono tre studenti tipo che rispondono correttamente a tre domande (differenti per ciascuno studente) su sette, motivandone una. Le risposte errate non sono motivate. Gli studenti appartenenti a questo gruppo, mostrano di possedere differenti idee pregresse ma applicano una strategia di tipo mnemonico, senza motivare le risposte date;
- *Centroide 3:* lo studente risponde correttamente a due domande ma non fornisce alcuna motivazione. Le risposte errate non sono motivate. Le considerazioni sono analoghe al caso precedente, ma le idee pregresse sono minori.
- *Centroide 4:* risponde correttamente a quattro domande su sette di cui tre motivate in modo corretto. Inoltre, due delle risposte errate contengono una motivazione, indice del fatto che gli studenti appartenenti a questo gruppo hanno un maggior numero di idee pregresse e sono in grado di motivarle e, quindi, l'apprendimento non è stato di tipo mnemonico.

Il confronto con i dati relativi al questionario in uscita presenti nella tabella XII, mostra un evidente progresso, che viene confermato e caratterizzato dall'analisi dei cluster (vedi tabelle a121-a128 in appendice). Sono stati identificati due cluster (vedi fig.21b) così caratterizzati:

- *Centroide 1:* lo studente tipo risponde correttamente a tutte le domande e le motiva in modo adeguato. Si tratta del gruppo più numeroso e indica l'efficacia del percorso che ha confermato e riorganizzato le idee pregresse degli studenti, oltre ad aver aggiunto ulteriori conoscenze.
- *Centroide 2:* lo studente tipo risponde correttamente a quattro domande su sette ma non le motiva. Le risposte errate non sono motivate. In questo caso, gli studenti continuano a rispondere in modo casuale o mnemonico senza utilizzare strategie fondate su un ragionamento.

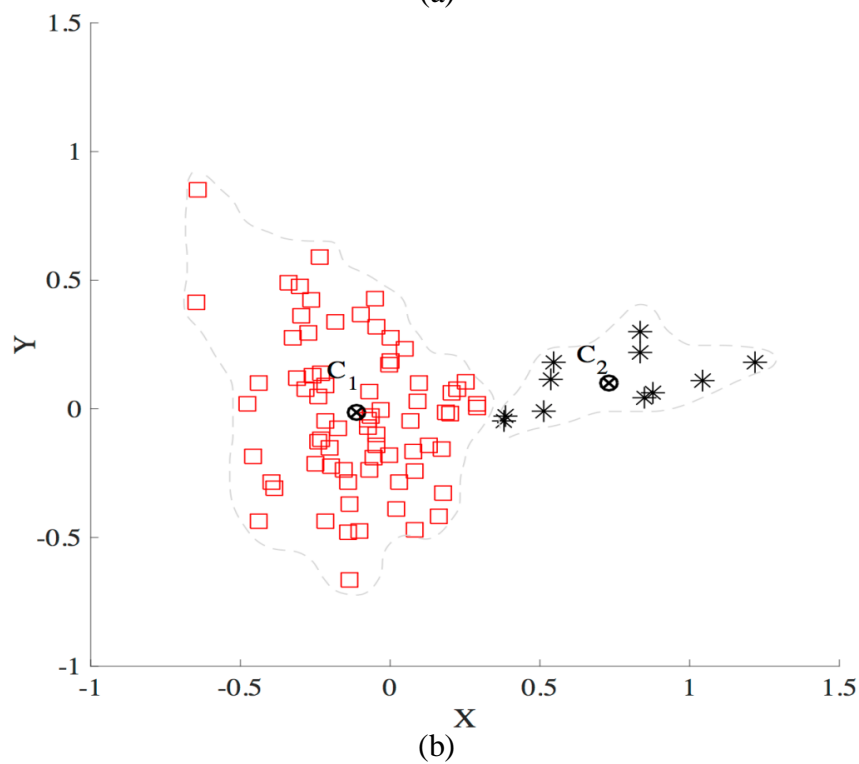
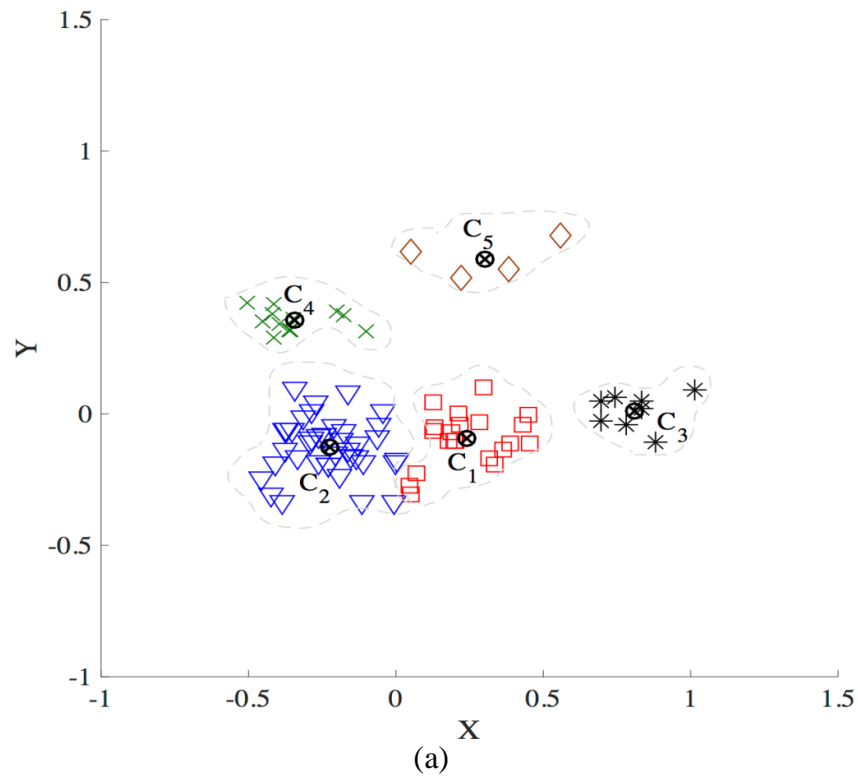


Figura n. 21. Percorso 2. Risultati dell'analisi dei cluster (vedi testo) delle domande aperte del questionario in entrata (a) e in uscita (b) per le classi quarte. Ogni punto rappresenta uno studente, simboli diversi identificano l'attribuzione di ciascuno studente a cluster diversi e ciascun punto identifica la posizione rispetto al corrispondente centroide in un sistema di coordinate arbitrarie X e Y

4.8 Il punto di vista dei docenti

Sebbene l'impatto del percorso si misuri direttamente analizzando i risultati provenienti dagli studenti, come sottolineato nella parte introduttiva del presente lavoro, i veri protagonisti nella realizzazione di un idoneo ambiente di apprendimento sono i docenti. Come precedentemente osservato nel paragrafo 1.3, pur essendo in servizio da tempo, i docenti non sempre hanno occasione e stimoli per riflettere sulle caratteristiche di un insegnamento autentico. È sembrato quindi opportuno valutare l'impatto dei diversi percorsi didattici sperimentati nel presente lavoro anche sull'opinione dei docenti curriculari che hanno partecipato alla sperimentazione. Per tale ragione, sei docenti sono stati sottoposti a interviste al termine della sperimentazione, con lo scopo di verificare la loro opinione riguardo i due obiettivi della ricerca: da un lato l'uso della metodologia IBSE e dall'altro l'uso dei risultati della moderna ricerca scientifica come spunti per introdurre i concetti di base della chimica. A questo scopo a tutti i docenti sono state poste le stesse domande riportate di seguito con una sintesi delle loro risposte.

Utilizzo della metodologia IBSE

1. *Con l'introduzione di un momento di discussione tra gli studenti all'interno delle lezioni, hai riscontrato una variazione nella partecipazione/motivazione degli studenti durante il percorso?* I docenti hanno evidenziato sia un maggior coinvolgimento di studenti generalmente meno partecipi, sia un miglioramento nella capacità di comunicare e confrontare le loro idee. In generale, tutti ritengono la discussione un momento fondamentale all'interno della metodologia.
2. *Hai riscontrato una variazione nelle valutazioni degli studenti che hanno partecipato alla sperimentazione, confrontando i risultati con altre classi di pari livello (anche di anni passati)?* Alcuni docenti non sono stati in grado di fornire una risposta, in quanto non ricordavano i risultati relativi agli anni passati e non avevano classi di pari livello. In un caso, invece, il docente ha riscontrato un miglioramento complessivo della classe.
3. *Hai riscontrato una variazione nelle competenze degli studenti che hanno partecipato alla sperimentazione, confrontando i risultati con altre classi di pari livello (anche di anni passati)?* Quasi tutti i docenti hanno dichiarato che gli studenti hanno raggiunto le competenze previste per gli argomenti trattati ma,

come per la precedente domanda, non sono stati in grado di fornire un confronto con altre classi. Solo un docente non ha riscontrato alcuna variazione.

4. *Puoi elencare (se ci sono) i motivi che, da parte tua, potrebbero ostacolare la riproposizione della metodologia?* Tutti i docenti hanno dichiarato che l'unico ostacolo per l'adozione di un approccio IBSE, consiste nella necessità di dover impiegare del tempo per studiare i vari aspetti della metodologia e per preparare tutti i materiali necessari. È stata riconosciuta la necessità di un supporto, inteso come formazione adeguata su questi temi, risultato che conferma gli studi precedenti (paragrafo 1.3).

Utilizzo della moderna ricerca scientifica

1. *Hai riscontrato una minore astrattezza nell'insegnamento dei concetti chiave utilizzando esempi tratti dalla moderna ricerca scientifica?* Tutti i docenti hanno confermato che i concetti sono risultati più concreti, in quanto gli studenti hanno scoperto che questi non sono soltanto parte dei libri di testo, ma sono alla base delle principali scoperte scientifiche e tecnologiche. È interessante citare il commento di uno studente (riportato da uno dei docenti intervistati) che ha partecipato alla seconda fase della sperimentazione e che al termine dell'anno scolastico è stato respinto. Tale studente si trova, quindi, ad affrontare gli stessi temi trattati lo scorso anno e ha dichiarato al docente che l'unica parte del programma che ricorda distintamente è quella del percorso sperimentale.
2. *Hai riscontrato un aumento dell'interesse/sensibilità degli studenti in specifici temi di ricerca?* Tutti i docenti hanno confermato che l'interesse mostrato dagli studenti nei confronti delle nanotecnologie durante i percorsi è stato mantenuto; gli alunni hanno continuato a fare riferimenti a questo campo di ricerca e a chiedere informazioni.
3. *Pensi che tale aumento di interesse abbia risvolti positivi nel rapporto tra scienza e società?* I docenti hanno dichiarato che il maggior interesse verso la ricerca è fondamentale per sviluppare le competenze di cittadinanza scientifica e per diventare cittadini responsabili.
4. *Puoi elencare (se ci sono) i motivi che da parte tua potrebbero ostacolare l'uso di esempi tratti dalla moderna ricerca scientifica per introdurre i concetti base della chimica?* I docenti hanno risposto che in linea teorica non ci sono ostacoli

significativi se non la mancanza di tempo (già citata per quanto riguarda la metodologia IBSE) che si rende necessaria per documentarsi su nuovi campi di ricerca da cui trarre gli spunti da utilizzare in classe. Anche in questo caso, i docenti hanno dichiarato che sono necessari adeguati strumenti di formazione/aggiornamento.

5. Conclusioni

A conclusione del presente lavoro e allo scopo di verificare e riassumere i risultati che sono stati raggiunti, è opportuno ribadire gli obiettivi che erano stati posti inizialmente nella forma di due distinte research questions.

La prima era stata formulata come segue:

1. Esempi tratti dalla ricerca in campo chimico possono essere strumenti efficaci per introdurre concetti base della disciplina in un protocollo IBSE?

Il dato più rilevante da prendere in considerazione per rispondere alla domanda è quello relativo all'impatto sull'apprendimento, dei percorsi didattici sperimentati nelle diverse classi. Come ampiamente discusso nel capitolo quattro, si rileva invariabilmente un sensibile progresso delle prestazioni degli studenti riguardo i contenuti proposti che, in molti casi, sono state migliori anche di quelle mediamente rilevabili in letteratura sugli stessi contenuti. Inoltre un'analisi dei risultati in grado di caratterizzare differenti strategie di ragionamento del gruppo classe, ha evidenziato che la sperimentazione dei percorsi didattici ha contribuito a rendere più marcate queste differenze, dimostrandosi efficace nell'esaltare lo spirito critico di gruppi di studenti evidentemente motivati. Va anche sottolineato che le osservazioni qualitative registrate nei diari di bordo, durante la realizzazione dei percorsi, e ribadite in molte delle interviste a cui i docenti curricolari sono stati sottoposti alla fine, indicano un maggiore e più costruttivo coinvolgimento anche da parte di studenti generalmente meno partecipi e motivati. Si può quindi concludere che la realizzazione dei due percorsi didattici abbia prodotto risultati positivi dal punto di vista dell'apprendimento. Tuttavia, come già messo in evidenza, questo risultato può essere attribuito sia alla già documentata efficacia di un ambiente di apprendimento progettato secondo l'approccio IBSE, sia ad una maggiore motivazione ed interesse da parte degli studenti riguardo idee e prospettive tratte concretamente dal modo di operare del chimico nella sua pratica legata alla moderna ricerca scientifica. Non è facile (e forse non del tutto necessario) distinguere i contributi separati di questi due elementi, ma, come esposto successivamente, alcune indicazioni indirette possono essere ottenute da una interpretazione delle interviste a cui sono stati sottoposti gli studenti alla fine dei percorsi, riportate nel paragrafo 4.4.

In aggiunta a considerazioni generali riguardanti la validità dell'approccio didattico messo in atto nel presente lavoro, è opportuno anche mettere in luce alcuni aspetti specifici e punti di debolezza rilevanti che sono emersi.

Ricordiamo che l'approccio utilizzato nel presente lavoro si inquadra in un contesto teorico che fa riferimento al costruttivismo di Vygotsky, secondo cui è fondamentale progettare opportuni materiali per realizzare un ambiente di apprendimento in cui i contenuti disciplinari costituiscano un canale di collegamento fra il soggetto che apprende e la realtà che lo circonda. In questa continua interazione, le conoscenze pregresse possedute dallo studente hanno un ruolo fondamentale nell'attivazione del conflitto cognitivo e, in questo ciclo iterativo, il docente alimenta il processo fornendo opportuni stimoli e mette in crisi, senza confutarle esplicitamente, le conoscenze pregresse. Queste ultime possono emergere chiaramente sia mediante il questionario in ingresso, sia durante le discussioni e i confronti attivati dall'analisi collettiva del materiale didattico. Nel presente lavoro, le discussioni si sono dimostrate sicuramente lo strumento potenzialmente più idoneo ad attivare il conflitto cognitivo, ma, perchè ciò si possa realizzare efficacemente, è indispensabile che il docente abbia accuratamente progettato il materiale didattico e sufficientemente riflettuto sull'impostazione e sui contenuti. Questo alla fine risulta l'elemento chiave e, così come già messo in evidenza in un precedente studio citato nel paragrafo 1.4, i docenti, anche quelli che hanno deciso di mettersi in gioco e che sono più motivati, sono spesso soggetti agli stessi ostacoli cognitivi messi in evidenza dagli studenti. Dalle interviste riportate nel paragrafo 4.7, emerge chiaramente l'esigenza avvertita dagli stessi docenti, di maturare con tempi relativamente distesi (quasi sempre non compatibili con i tempi della scuola), le proprie riflessioni di metodo e di contenuto. Questo aspetto potrebbe essere maggiormente significativo se si richiede ai docenti di documentarsi adeguatamente anche su temi di attualità scientifica ritenuti, spesso erroneamente, più ostici rispetto a esempi tratti dalla vita quotidiana. Ancora una volta emerge da parte degli stessi docenti una esplicita richiesta di maggiore interazione con il mondo accademico, che è necessario si concretizzi anche in ambito chimico, con il potenziamento di piccoli gruppi di ricerca didattica disciplinare come quello necessariamente costituitosi nella realizzazione del presente lavoro.

L'analisi dei risultati riportata nel capitolo 4, ha dimostrato che, nonostante ripetute procedure di validazione e modifica del testo delle domande contenute nei questionari, in due casi specifici (vedi paragrafo 4.5) non si è riusciti a esprimere i quesiti in maniera comprensibile per gli studenti. Visto il numero complessivo di domande disponibili, è stato possibile omettere le risposte fornite a questi due quesiti dalla valutazione complessiva dei risultati. Tuttavia ciò conferma chiaramente l'importanza di una corretta e ragionata

formulazione dei questionari, avendo ben chiaro l'obiettivo che si intende raggiungere mediante ciascun quesito.

2. L'individuazione dei concetti base della disciplina nelle tematiche di ricerca chimica avanzata, contribuisce a rendere il mondo della ricerca più comprensibile e quindi meno distante?

Si può affermare che a seguito del percorso sperimentale, si sia sviluppata una maggiore attenzione e sensibilità da parte degli studenti nei confronti dei contenuti della moderna ricerca scientifica e tecnologica in ambito chimico. Ciò è stato accompagnato quasi sempre da un deciso miglioramento nella conoscenza di aspetti specifici del settore riguardante le nanotecnologie e la chimica supramolecolare. Sicuramente questi aspetti non sono sorprendenti per diversi motivi: da un lato, provenendo da un liceo scientifico e da istituti tecnici, gli studenti erano già ben disposti verso tematiche legate all'innovazione e, dall'altro, qualsiasi elemento di novità rispetto alla normale programmazione curriculare, è sempre accompagnato da un maggiore grado di attenzione. Si può pertanto affermare che, almeno a livello di motivazione, il percorso abbia ottenuto risultati positivi. Tuttavia, l'obiettivo da perseguire è più specifico in quanto si tratta di verificare se la maggiore attenzione nei riguardi del mondo della ricerca scientifica implichi anche una migliore acquisizione dei concetti necessari per comprenderla. Elementi utili sono quelli che si possono trarre dai risultati (vedi paragrafo 4.5.2) dell'ultima parte del questionario riportato in figura 8 da cui emerge chiaramente che, alla fine del percorso, un numero significativo di studenti è stato in grado di associare i concetti base su cui il percorso si è sviluppato con le applicazioni specifiche descritte durante il seminario introduttivo. Inoltre i docenti curricolari hanno ripetutamente messo in evidenza nelle loro interviste, che gli studenti hanno continuato a fare riferimento alle nanotecnologie anche in seguito, trattando contenuti diversi rispetto a quelli dei percorsi sperimentali. Ciò si può probabilmente attribuire alla presenza di conoscenze avanzate che non si sono limitate a essere semplice informazione.

Alla luce di queste ultime considerazioni, forse si può anche aggiungere una ulteriore riflessione alle conclusioni raggiunte per la precedente research question. Se una maggiore attenzione nei confronti degli aspetti chimici nel campo delle nanotecnologie ha contribuito a una migliore comprensione dei concetti base coinvolti, è ragionevole pensare

che la stessa maggiore attenzione e motivazione abbiano influito positivamente sull'efficacia dell'intero percorso.

Bibliografia

1. **Dewey, J.** *Democrazia e educazione*, trad. italiana di E. Agnoletti e P. Paduano. Milano : La Nuova Italia, 2000.
2. **Ultay, N. Calik, M.** *A thematic review of studies into the effectiveness of context-based chemistry curricula*. s.l. : Journal of Science Education and Technology, 2012, Vol. 21, p. 686-701.
3. **Vygotsky, L.** *Il processo cognitivo*. Torino : Bollati Boringhieri, 1980.
4. **Rocard, M. et al.** http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf. [Online]
5. **Skinner, B.F.** *Science And Human Behavior*. s.l. : Simon and Schuster, 1965.
6. **Cohen, A.D.** Studying language learning strategies: How do we get the Information? [aut. libro] A. L. Wenden & J. Rubin. *Learner strategies in language learning*. Englewood Cliffs, NJ : Prentice-Hall International, 1987, p. 31-40.
7. **Roblyer, M.D., Edwards, J. e Havriluk, M. A.** *Integrating educational technology into teaching*. NJ : Prentice-Hall., 1997.
8. **Liverta Sempio, O. (a cura di).** *Vygotskij, Piaget, Bruner. Concezioni dello sviluppo*. s.l. : Raffaello Cortina Editore, 1998.
9. **Eggen, P.D. and D.P. Kauchak.** *Educational psychology: windows on classrooms*. NJ : Upper Saddle River, 2004.
10. **Gardner, H.** Intelligence in Seven Steps. [aut. libro] Dee Dickinson. *Creating the Future: Perspectives on Educational Change*. s.l. : Aston Clinton, 1991.
11. **Piaget, J.** *Dal Bambino all'adolescente, La costruzione del pensiero*. Firenze : La Nuova Italia, 1969.
12. **Boscolo, P.** *Psicologia dell'apprendimento scolastico. Aspetti cognitivi e motivazionali*. Torino : UTET, 1997.
13. **Piaget, J..** *Development and learning*. 1964, Journal of Research in Science Teaching2 (3), p. 176-186.
14. **Woolfolk, A.** *Educational psychology*. Needham Heights : Allyn and Bacon, 2001.
15. **Briggs, L.J. e R.M., Gagnè.** *Fondamenti di progettazione didattica*. Torino : SEI, 1990.
16. **Bruner, J.** *Toward a Theory of Instruction*. s.l. : Belknap Press of Harvard University, 1966.

17. **Gardner, H.** *Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences*. s.l. : Basic Books, 1993.
18. <http://www.mediamente.rai.it/home/bibliote/intervis/g/gardner.htm#link001>.
<http://www.mediamente.rai.it/>. [Online] 1997.
19. **Gabel, D.** *Improving Teaching and Learning through Chemistry Education Research: A Look to the Future*. 4, 1999, Journal of Chemical Education, Vol. 76.
20. **D'Amore, B.** *Elementi di didattica della matematica*. Bologna : Pitagora, 1999.
21. **Johnstone, A.H** *Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem..* 1991, Journal of Computer Assisted Learning, Vol. 7, p. 75-83.
22. **Johnstone, A.H** *Chemistry Teaching - Science or Alchemy? 1996 Brasted Lecture..* 1997, Journal of Chemical Education, Vol. 74, p. 262-268.
23. **Taber, K.** *Chemical Misconceptions. Prevention, diagnosis and cure. Volume I: theoretical background*. s.l. : Royal Society of Chemistry, 2002.
24. **Peterson, R.F. and Treagust, D.F.** *Grade-12 Students' Misconceptions of Covalent Bonding*. 6, 1989, Journal of Chemical Educational, Vol. 66, p. 459-460.
25. **Taber, K.** *Chemical misconceptions. Prevention, diagnosis and cure. Volume II: classroom resources*. s.l. : Royal Society of Chemistry, 2002.
26. **Ozmen, H.** *Some student misconceptions in chemistry: a literature review of chemical bonding*. 2, 2004, Journal of Science and Technology, Vol. 13, p. 147-159.
27. **Kind, V.** *Beyond appearances: students' misconceptions about basic chemical ideas. 2th Edition*. s.l. : School of Education, Durham University, 2004.
28. **Chinn, C. and Brewer, W.** *Factors that influence how people respond to anomalous data. Fifteenth Annual Conference of the Cognitive Science Society*. Boulder, CO : Cognitive Science Society, 1993.
29. **Cosgrove, M. and Osborne, R.** *Lesson frameworks for changing children's ideas. Learning in science: the implications of children's science*. Auckland : Newmann, 1985.
30. **Park, J.** *Modelling Analysus of Students' Processes of Generating Scientific Explanatory Hypotheses*. 2006, International Journal of Science Education 28 (5), p. 469-489.
31. **Chan, C. Burtis, J. et al.** *Knowledge building as a mediator of conflict in conceptual change*. s.l. : Cognition and Instruction, 1997.
32. **Posner, B. Strike, K. et al.** *Accomodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change*. 1982, Science Education 66, p. 221-227.

33. **Wilson, G.B.** *Constructivist learning environments: Case studies in Instructional Design*. Englewood Cliffs NJ : Educational Technology Publications, 1996.
34. **Jonassen, D.H., Land, S.M.** *Theoretical Foundations of learning environment*. New York : Routledge, 2012.
35. **Perkins, D.N.** *Technology meets constructivism: do they make a marriage?* 1991, Educational Technology, p. 18-23.
36. **Schumacher, A.** *Paving the way towards authentic chemistry teaching*. s.l. : Logos Verlag Berlin, 2015.
37. **Barab, S.A. Squire, K.D. and Dueber, W.** *A co-evolutionary model supporting the emergence of authenticity*. 2, 2000, Educational Technology Research and Development, Vol. 48, p. 37-62.
38. **Edelson, D.C.** Realising authentic science learning through the adaption of scientific practice. [aut. libro] B.J. Fraser & K.G. Tobin. *Kluwer international handbooks of education: Vol. 1. International handbooks of Science Education*. Dordrecht : Kluwer, 1998, p. 317-332.
39. **Maina, F.W.** *Authentic learning: Perspectives from contemporary educators*. 1, 2004, Journal of authentic learning, Vol. 1, p. 1-8.
40. **Neumann, I. and Wehlage, G.G.** *Five standards of authentic instruction*. 7, Educational leadership, Vol. 50, p. 8-12.
41. **Abd-El-Khalick, F.** *Teaching with and about nature of science, and science teacher knowledge domains*. 2013, Science Education, Vol. 22(9), p. 2087-2107.
42. **Hanuscin, D.L. e Lee, M.H. and Akerson, V.L.** *Elementary teachers' pedagogical content knowledge for teaching the nature of science*. 2011, Science Education, Vol. 95(1), p. 145-167.
43. **Linn, M., Davis, E. e Bell, P.** *Internet Environments for Science Education*. London : Lawrence Erlbaum Associates, 2004.
44. **Council, National Research.** *National Science Education Standards*. s.l. : The National Academies Press, 1996.
45. **Herbart, J.F., De Garmo, C. e Lange, A.F.** *Outlines of Educational Doctrine* . Translated by A.F. Lange ..Annotated by C. de Garmo. s.l. : Macmillan Company, 1901.
46. *Science in general education. Report of the Committee on the function of science in general education. Commission on secondary school curriculum*. New York : s.n., 1938.

47. **Heiss, E.D., Obourn, E.S. e Hoffman, C.W.** *Modern Science Teaching*. New York : The Macmillan Company, 1950.
48. **Hawkins, D.** *The Informed Vision: Essays on Learning and Human Nature*. New York : Agathon Press, 1965.
49. **Karplus, R. e Thier, H.D.** *A New Look at Elementary School Science*. Chicago : Rand McNally and Co., 1967.
50. **Abraham, M.R. and Renner, J. W.** *The sequence of learning cycle activities in high school chemistry*. 1986, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 23(2), p. 121-143.
51. **Lawson, A.E.** *A better way to teach biology*. 1988, *American Biology Teacher*, Vol. 50(5), p. 266-289.
52. <http://www.ec2e2n.net/>. <http://www.ec2e2n.net/>. [Online]
53. **Sjoberg, S.** Science And Scientists: The SAS-study. *Science And Scientists: The SAS-study*. [Online] 2000.
54. **Krapp, A. e Hidi, S. and Renninger, K.A.** Interest, learning and development. [aut. libro] S. Hidi & A. Krapp K.A. Renninger. *The role of interest in learning and development*. s.l. : Lawrence Erlbaum Associates, 1992, p. 3-25.
55. **Bennet, J. e Lubben, F.** *Context-based Chemistry: The Salters approach*. 9, 2006, *International Journal of Science Education*, Vol. 28, p. 999-1015.
56. **Barker, V., Millar, R.** *Students' reasoning about chemical thermodynamics and chemical bonding: what changes occur during a context-based post-16 chemistry course?* 2000, vol. 22, n. 11, *International Journal of Science Education*, p. 1171-1200.
57. **Borgford, C.** *The Salters' science materials: A study of teachers' use and areas of focus*. UK : Unpublished PhD thesis, University of York, 1995.
58. **Cudd, S.** *Gender e attitude to science*. UK : Unpublished MA thesis, University of York, 1999.
59. **Banks, P.** *Students' understanding of chemical equilibrium*. *Unpublished MA thesis*. UK : University of York.
60. **2061, Project.** *Atlas of Science Literacy, Volumes 1 and 2*. s.l. : AAAS.
61. <http://www.project2061.org/publications/bsl/online/index.php>. *Benchmarks for Science Literacy*. [Online]
62. **Rutherford, J.F. and Ahlgren, A.** *Science for All Americans*. s.l. : AAAS, 1991.
63. **Schwartz, A. T.** *Contextualized Chemistry Education: The American experience*. 9, 2006, *International Journal of Science Education*, Vol. 28, p. 977-998.

64. **Nakhleh, M.B., Bunce, D. e Schwartz, A.T.** *Chemistry in Context: Student opinions of a new curriculum*. 3, 1995, Journal of College Science Teaching, Vol. 25, p. 174-180.
65. **Eisenkraft, A.** *Expanding the 5E Model*. 2003, Science Teacher, Vol. September, p. 56-59.
66. **Apotheker, J., de Jonge, R.** *Using new media to present science*. Roma, Italia : s.n., 2012. ICCECRICE. p. 197.
67. **Ctrnactova, H., Ganajova, M., Smejkal, P., Kristofova, M.** *Inquiry-based activities in topics: polymers, plastics and plastic waste*. Cracovia : s.n., 2012. The 5th international conference research in didactics of the sciences. p. 29-30.
68. **Laherto, A.** *Nanoscience education for scientific literacy. Opportunities and challenges in secondary school and in-of-out school settings*. Helsinki : Helsinki University Press, 2012.
69. **Parchmann, I.** *Bridging gaps between research and education: the NanoLab "Klick!"*. Roma, Italia : s.n., 2012. ICCECRICE.
70. **Ritter, S., Hasselbrink, E. e Sumflteh, E.** *How teaching nanoscale science can contribute to the knowledge of the particulate nature of matter*. Roma, Italia : s.n., 2012. ICCECRICE. p. 136.
71. **Feynman, R.** *Plenty of Room at the Bottom*.
http://www.pa.msu.edu/~yang/RFeynman_plentySpace.pdf. [Online]
72. **Drexler, E.K.** *Engines of creation*. s.l. : Anchor Books, 1986.
73. *Macchine molecolari. ScienzaGiovane*. [Online] www.scienzagiovane.unibo.it.
74. **Lehn, J.M.** *Toward complex matter: Supramolecular chemistry and self-organization*. 2002, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, Vol. 99, p. 4763-4768.
75. **Lehn, J.M.** *Review Supramolecular polymer chemistry - scope and perspective*. 2002, Polymer International, Vol. 51, p. 825-839.
76. **Liljeroth, P., Repp, J. e Meyer, G.** *Current-induced hydrogen tautomerization and conductance switching of Naphtalocyanine molecules*. 2007, Science, Vol. 317, p. 1203-1206.
77. **Balzani, V., Credi, A. e Venturi, M.** *Molecular Machines Based on Rotaxanes and Catenanes*. [aut. libro] P. GASPARD J.-P. SAUVAGE. *From Non-Covalent Assemblies to Molecular Machines*. WEINHEIM : Wiley-VCH, 2011, p. 159-212.

78. **Credi, A. e Venturi, M.** Electroactive Rotaxanes and Catenanes. [aut. libro] P Ceroni, A. Credi e M. Venturi. *Electrochemistry of Functional Supramolecular Systems*. HOBOKEN : Wiley, p. 377 - 424.
79. **Credi, A., Silvi, S. e Venturi, M.** Building Molecular Machines on Surfaces. [aut. libro] R. MARTINEZ-MANEZ K. RURACK. *The Supramolecular Chemistry of Organic-Inorganic Hybrid Materials*. HOBOKEN : Wiley, 2010, p. 503 - 529.
80. Photochemically driven molecular devices and machines. [aut. libro] GALE P.A. STEED J.W. *Supramolecular Chemistry: from Molecules to Nanomaterials*. HOBOKEN : John Wiley & Sons, 2012, p. 3719 - 3750.
81. Researchers at Harvard's Wyss Institute Develop DNA nanorobot to trigger targeted therapeutic responses. <http://wyss.harvard.edu/viewpressrelease/75>. [Online]
82. **Anastasi, A.** *Psychological Testing*. 1998 : Macmillan.
83. **Jensen, M.P.** *Questionnaire validation: a brief guide for readers of the research literature*. 2003, The Clinical Journal of Pain, Vol. 19(6), p. 345-352.
84. **bd-El-Khalick, F. e & Lederman, N.G.** *Improving science teachers' conceptions of the nature of science: A critical review of the literature*. **A** International Journal of Science Education, Vol. 22, p. 665–701.
85. **Lederman, G.N.** *Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research*. 1992, Journal of Research in Science Teaching, Vol. 29, p. 331-359.
86. **Ledermann, G.N., et al.** *Views of nature of science questionnaire: toward valid and meaningful. Assessment of learners' conceptions of nature of science*. 6, 2002, Journal of research in sceince teaching, Vol. 39, p. 497-521.
87. **Di Paola, B., Battaglia, O. R. e C., Fazio.** *Non-Hierarchical Clustering to analyse an open-ended questionnaire on algebraic thinking*. 2016, South African Journal of Education (Accettato per la pubblicazione - febbraio 2016).
88. **Terzi, S.** <http://host.uniroma3.it/facolta/economia>.
http://host.uniroma3.it/facolta/economia/db/materiali/insegnamenti/185_903.pdf. [Online]
89. **Battaglia, O. R. e Di Paola, B.** *A quantitative method to analyse an open answer questionnaire: a case study about the Boltzmann Factor*. s.l. : Il Nuovo Cimento C (in stampa), 2014. Proceedings GIREP-MPTL 2014, 4-7 luglio 2014.
90. **Fazio, C., Battaglia, O. R. e Di Paola, B.** *Investigating the quality of mental models deployed by undergraduate engineering students in creating explanations: the case of*

thermally activated phenomena. 2013, Physical Review Physics Education Research, Vol. 9.

91. **Fazio, C., Di Paola, B. e Guastella, I.** *Prospective elementary teachers' perceptions of the processes of modeling: A case study*. 2012, Physical Review Physics Education Research, Vol. 8.

92. **Everitt, B. S., et al.** *Cluster Analysis*. Chichester, UK : John Wiley & Sons, 2011.

93. **Rousseeuw, P.J.** *Silhouettes: A graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis*. 1987, Journal of Computational and Applied Mathematics, Vol. 20, p. 53-65.

94. **Llewellyn, D.** *Inquire within: implementing inquiry-based science standards*. s.l. : Corwin Press, 2002.

95. **Jonassen, D.H.** *Thinking technology, toward a constructivistic design*. Aprile 1994, Educational technology, Vol. XXXIV, p. 34-37.

96. **Consortium, The Concord.** Molecular Workbench. [Online]

<http://mw.concord.org/modeler/>.

97. **Barber, M.** A comparison of NEAB and Salters A-level Chemistry: student views and achievements. *Unpublished MA thesis*. UK : University of York, 2001.

98. **Atkinson, R.L., et al.** *Introduction to Psychology (11th edition)*. s.l. : Harcourt Brace Jovanovich , 1993.

99. **Lederman, G.N., et al.** *Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful*. 6, 1998, Journal of research in science teaching, Vol. 39, p. 497-521.

Elenco figure

Figura 1: I tre livelli concettuali della chimica.....	17
Figura 2: schema di realizzazione delle fasi sperimentali.....	48
Figura 3a: questionario percorso 1 - pagina 1.....	54
Figura 3b: questionario percorso 1 - pagina 2.....	55
Figura 3c: questionario percorso 1 - pagina 3.....	56
Figura 3d: questionario percorso 1 - pagina 4.....	57
Figura 4: esercitazione n. 1 - polarità delle molecole.....	71
Figura 5: esercitazione n. 2 - riscaldamento di sostanze polari e apolari.....	71
Figura 6: esercitazione n. 3 - il legame a idrogeno nelle molecole di DNA.....	72
Figura 7a: questionario percorso 2 - pagina 1.....	74
Figura 7b: questionario percorso 2 - pagina 2.....	75
Figura 7c: questionario percorso 2 - pagina 3.....	76
Figura 8a: questionario sulle nanotecnologie - pagina 1.....	91
Figura 8b: questionario sulle nanotecnologie- pagina 2.....	92
Figura 8c: questionario sulle nanotecnologie- pagina 3.....	93
Figura 8d: questionario sulle nanotecnologie- pagina 4.....	94
Figura 9: Risposte fornite dagli studenti alla domanda 1 del questionario di figura 8. I dati sono espressi in frazioni percentuali rispetto al numero totale di risposte fornite (205 ± 5 , vedi tabelle a11-a70 in appendice). Le barre di colore bianco rappresentano le risposte in ingresso, mentre quelle di colore rosso le risposte in uscita. Le diverse possibilità di risposta sono specificate nella legenda.....	103

Figura 10: Risposte fornite dagli studenti alla domanda 1 del questionario di figura 8. I dati sono espressi in frazioni percentuali rispetto al numero totale di risposte fornite (205 ± 5 , vedi tabelle a11-a70 in appendice). Le barre di colore bianco rappresentano le risposte in ingresso, mentre quelle di colore rosso le risposte in uscita. Le diverse possibilità di risposta sono specificate nella legenda.....104

Figura 11: Risposte fornite dagli studenti alla domanda 1 del questionario di figura 8. I dati sono espressi in frazioni percentuali rispetto al numero totale di risposte fornite (205 ± 5 , vedi tabelle a11-a70 in appendice). Le barre di colore bianco rappresentano le risposte in ingresso, mentre quelle di colore rosso le risposte in uscita.
Le diverse possibilità di risposta sono specificate nella legenda.....105

Figura 12: Risposte fornite dagli studenti alla domanda 2 del questionario di figura 8. I dati sono espressi in frazioni percentuali rispetto al numero totale di risposte fornite (205 ± 5 , vedi tabelle a11-a70 in appendice). Le barre di colore bianco rappresentano le risposte in ingresso, mentre quelle di colore rosso le risposte in uscita.
Le diverse possibilità di risposta sono specificate nella legenda.....106

Figura 13: Quesiti n. 3 e 4. Per il grafico (b), le ascisse riportano il numero identificativo del gruppo (vedi testo).....110

Figura 14: Risposte fornite dagli studenti alla domanda 5 del questionario di figura 8. I dati sono espressi in frazioni percentuali rispetto al numero totale di risposte fornite (205 ± 5 , vedi tabelle a11-a70 in appendice). Le barre di colore bianco rappresentano le risposte in ingresso, mentre quelle di colore rosso le risposte in uscita. Le diverse possibilità di risposta sono specificate nella legenda.....113

Figura 15: Risposte fornite dagli studenti alla domanda 7 del questionario di figura 8. I dati sono espressi in frazioni percentuali rispetto al numero totale di risposte fornite (205 ± 5 , vedi tabelle a11-a70 in appendice). Le barre di colore bianco rappresentano le risposte in ingresso, mentre quelle di colore rosso le risposte in uscita.
Le ascisse riportano il numero identificativo del gruppo (vedi testo).....115

Figura 16 Risposte fornite dagli studenti alla domanda 8 del questionario di figura 8. I dati sono espressi in frazioni percentuali rispetto al numero totale di risposte fornite (205 ± 5 , vedi tabelle a11-a70 in appendice). Le barre di colore bianco rappresentano le risposte in ingresso, mentre quelle di colore rosso le risposte in uscita.

Le ascisse riportano il numero identificativo del gruppo (vedi testo).....118

Figura 17: Risposte fornite dagli studenti alla domanda 9 del questionario di figura 8. I dati sono espressi in frazioni percentuali rispetto al numero totale di risposte fornite (205 ± 5 , vedi tabelle a11-a70 in appendice). Le barre di colore bianco rappresentano le risposte in ingresso, mentre quelle di colore rosso le risposte in uscita.

Le ascisse riportano il numero identificativo del gruppo (vedi testo).....119

Figura 18: risposte al quesito n 8. Le ascisse riportano il numero identificativo del gruppo (vedi testo).....119

Figura n. 19. Percorso 1. Risultati dell'analisi dei cluster (vedi testo) delle domande aperte del questionario in uscita per le classi prime. Ogni punto rappresenta uno studente, simboli diversi identificano l'attribuzione di ciascuno studente a cluster diversi e ciascun punto identifica la posizione rispetto al corrispondente centroide in un sistema di coordinate arbitrarie X e Y.....128

Figura n. 20. Percorso 1. Risultati dell'analisi dei cluster (vedi testo) delle domande aperte del questionario in entrata e in uscita per le classi terze. Ogni punto rappresenta uno studente, simboli diversi identificano l'attribuzione di ciascuno studente a cluster diversi e ciascun punto identifica la posizione rispetto al corrispondente centroide in un sistema di coordinate arbitrarie X e Y.....129

Figura n. 21. Percorso 2. Risultati dell'analisi dei cluster (vedi testo) delle domande aperte del questionario in entrata (a) e in uscita (b) per le classi quarte. Ogni punto rappresenta uno studente, simboli diversi identificano l'attribuzione di ciascuno studente a cluster diversi e ciascun punto identifica la posizione rispetto al corrispondente centroide in un sistema di coordinate arbitrarie X e Y.....131

Elenco tabelle

Tabella I: modello di formazione di Herbart.....	28
Tabella II: modello di formazione di Dewey.....	29
Tabella III: ciclo di apprendimento di Heiss, Obourn e Hoffman.....	29
Tabella IV: confronto tra le fasi del modello SCIS e del modello delle 5E.....	30
Tabella V: descrizione delle attività all'interno della fase Engage.....	31
Tabella VI: descrizione delle attività all'interno della fase Explore.....	32
Tabella VII: descrizione delle attività all'interno della fase Explain.....	33
Tabella VII: descrizione delle attività all'interno della fase Elaborate.....	34
Tabella IX: risultati della sperimentazione riguardante il percorso n. 1. I dati sono espressi come frazioni percentuali rispetto al numero totale di studenti che hanno risposto (28 ± 1). La risposta corretta è riportata per prima, mentre la concezione alternativa maggiormente selezionata è riportata subito dopo e i valori sono inseriti nel seguente ordine: in ingresso, al termine del modulo e dati di letteratura.....	82
Tabella X: risultati della sperimentazione riguardante il percorso n. 2. I dati sono espressi come frazioni percentuali rispetto al numero totale di studenti che hanno risposto (44 ± 1). La risposta corretta è riportata per prima, mentre la concezione alternativa maggiormente selezionata è riportata subito dopo.	84
Tabella XI: risultati della sperimentazione riguardante il percorso n. 1. I dati sono espressi come frazioni percentuali rispetto al numero totale di studenti che hanno risposto. La risposta corretta è riportata per prima, mentre la concezione alternativa più comune è riportata subito dopo e i valori sono inseriti nel seguente ordine: in ingresso, al termine del modulo e dati di letteratura.....	96
Tabella XII: risultati della sperimentazione riguardante il percorso n. 2. I dati sono espressi come frazioni percentuali rispetto al numero totale di studenti che hanno risposto. La risposta corretta è riportata per prima, mentre la concezione alternativa maggiormente selezionata è riportata subito dopo.....	99
Tabella XIII: Risultati della sperimentazione riguardante il percorso n. 1 per le classi Prime. I dati sono espressi come frazioni percentuali rispetto al numero totale di studenti	

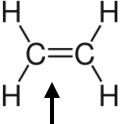
che hanno risposto. La risposta corretta è riportata per prima, mentre la concezione alternativa più comune è riportata subito dopo e i valori sono inseriti nel seguente ordine: in ingresso, al termine del modulo e dati di letteratura.....121

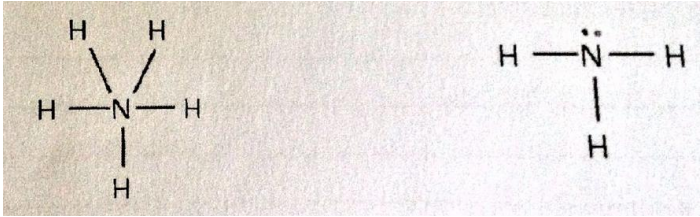
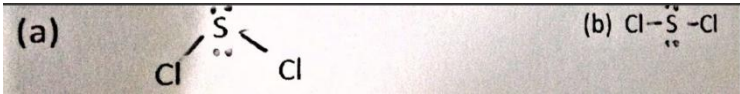
Tabella XIV: Risultati della sperimentazione riguardante il percorso n. 1 per le classi terze. I dati sono espressi come frazioni percentuali rispetto al numero totale di studenti che hanno risposto. La risposta corretta è riportata per prima, mentre la concezione alternativa più comune è riportata subito dopo e i valori sono inseriti nel seguente ordine: in ingresso, al termine del modulo e dati di letteratura.....123

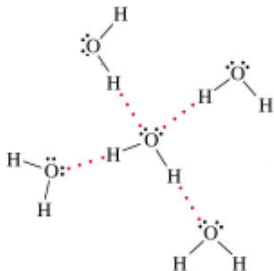
Appendice

Tabella a1 – Percorso 1, classe 3G

Numerostudenti = 19 in entrata e 21 in uscita	Entrata		Uscita	
	a	b	a	b
A. Un atomo di carbonio forma una molecola con l'idrogeno; scegli tra le due possibilità quella che secondo te esiste in natura. (a) CH ₄ (b) CH ₂	9	10	21	
1. La (a) perché nella molecola, entrambi gli atomi C e H hanno riempito il loro guscio esterno.		5		20
2. La (a) perché nella molecola l'atomo di C completa il guscio.		2		
3. La (b) perché l'idrogeno esiste come H ₂		10		
4. La (a) perché il C ha numero di ossidazione +4		2		
B. Considera la seguente formula di struttura della molecola di etano <div style="text-align: center;"> $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \uparrow \quad \text{H} \end{array}$ </div> quale delle seguenti affermazioni descrive meglio il significato della linea indicata dalla freccia?				
1. Rappresenta un legame covalente singolo in cui ciascuno dei due atomi di C contribuisce con 1 elettrone alla formazione di una coppia di elettroni tra i due nuclei;		11		21
2. Rappresenta un legame covalente singolo in cui un atomo di C dona 1 elettrone all'altro atomo di C;		5		
3. Rappresenta un legame chimico tra i due atomi di C;		2		
4. Rappresenta un legame ionico tra i due atomi di C.				
C. Considera la seguente formula di struttura della molecola di etene,				

				
quale delle seguenti affermazioni descrive meglio il significato delle due linee indicate dalla freccia?				
1. Rappresenta un legame covalente doppio in cui due atomi di C contribuiscono ciascuno con 2 elettroni alla formazione di due coppie di elettroni di legame;		15		20
2. Rappresenta un legame chimico doppio tra due atomi di C;		1		
3. Rappresenta un legame covalente doppio in cui un atomo di C dona 2 elettroni all'altro atomo di C;		1		
4. Rappresenta un legame ionico doppio tra i due atomi di C.				
D. In quale delle seguenti immagini è rappresentata accuratamente la posizione della coppia di elettroni condivisa nella molecola HF? <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> (a) H :F (b) H : F </div>	11	6	20	1
1. Gli elettroni di non legame influenzano la posizione delle coppie di elettroni di legame o condivise;				
2. L'atomo di idrogeno e quello di fluoro formano un legame covalente e quindi la coppia di elettroni deve essere localizzata alla stessa distanza tra i due atomi;		6		
3. Il fluoro ha un'attrazione maggiore per la coppia di elettroni condivisa;		4		21
4. Il fluoro è più grande dei due atomi e quindi esercita un maggiore controllo sulla coppia di elettroni condivisa.		7		
E. Se del sodio (Na) metallico riscaldato viene a contatto con del cloro gassoso (Cl₂), avviene una violenta reazione in cui si forma una sostanza bianca, il cloruro di sodio (NaCl). Scegli tra le seguenti la struttura del composto formato: <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> (a) Na-Cl (b) Na⁺Cl⁻ </div>	5	14	1	19
1. Perché entrambi gli atomi raggiungono l'ottetto;		2		1
2. Perché per formare un composto, si deve formare un legame covalente;		5		5

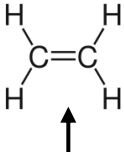
3. Perché un elettrone è trasferito dal sodio al cloro formando un legame ionico;		9		11
4. Perché avviene una reazione redox.		2		1
F. L'azoto è un elemento del V gruppo e forma un composto con l'idrogeno. Quale delle seguenti strutture rappresenta la forma della molecola?				
	6	10	1	20
1. Perché l'atomo di azoto può condividere 5 coppie di elettroni;				
2. Perché l'atomo di azoto condivide 3 coppie di elettroni per raggiungere l'ottetto;		7		17
3. Perché condividendo 5 elettroni non ci sono elettroni spaiati e l'atomo di azoto è stabile;		7		1
4. Perché gli elettroni accoppiati non formano legami.		2		1
G. La molecola dell'anidride carbonica CO₂, è polare? (a) SI (b) NO	8	11	2	17
1. Perché è formata da legami covalenti polari		4		1
2. Perché è formata da legami covalenti non polari		4		2
3. Perché le polarità dei legami si annullano		6		12
4. Perché le polarità dei legami non si annullano		4		2
H. Scegli tra le seguenti due strutture quella che meglio rappresenta la forma della molecola SCl₂ :				
	6	11	12	7
1. La forma della molecola è determinata dalla repulsione tra le coppie di elettroni di legame e di non legame;		4		9

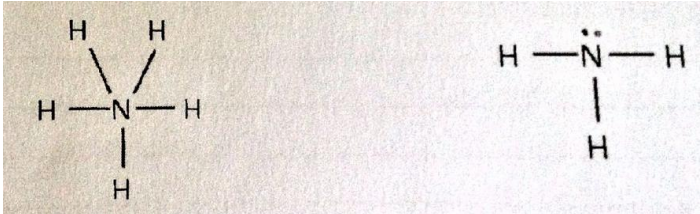
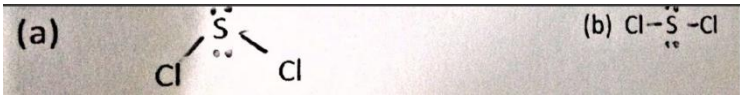
2. La forma della molecola è determinata dalla repulsione tra le coppie di elettroni di non legame;		6		
3. I due legami S-Cl si respingono in modo uguale		6		5
4. Il cloro ha una elettronegatività più alta rispetto allo zolfo e questo influenza la forma della molecola.				2
I. I legami presenti nel cloruro di magnesio (MgCl_2) sono ionici, mentre quelli presenti nel cloruro di titanio (TiCl_4) sono covalenti. Quando una miscela di eguali quantità delle due sostanze viene riscaldata, la fase vapore conterrà: (a) Uguali quantità dei due composti (b) prevalentemente molecole di TiCl_4	5	14		18
1) Perché la diversa natura di legami intramolecolari non influenza le forze intermolecolari;		1		1
2) Perché le forze di interazione tra molecole sono più deboli delle forze di attrazione fra ioni presenti nel sale fuso		2		1
3) Perché è più facile rompere i legami covalenti e quindi portare in fase vapore atomi di titanio e di cloro;		13		16
4) Perché sono entrambi cloruri, quindi si comportano in modo simile.		1		
Considera la seguente immagine: 				
quale delle seguenti affermazioni descrive meglio il significato della linea tratteggiata?				
1. Rappresenta un legame debole tra le molecole;		6		2
2. Rappresenta un legame a idrogeno;		7		2
3. Rappresenta una forza di attrazione dipolo-dipolo, perché l'acqua è una molecola polare;		2		6

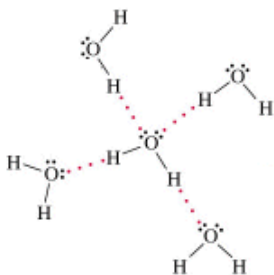
4. Rappresenta un legame dativo tra le molecole d'acqua.		4		7
--	--	---	--	---

Tabella a2 – Percorso 1, classe 3A.

Numero studenti = 19 in entrata e 19 in uscita		Entrata		Uscita	
		a	b	a	b
A. Un atomo di carbonio forma una molecola con l'idrogeno; scegli tra le due possibilità quella che secondo te esiste in natura. (a) CH₄ (b) CH₂		12	7	19	
1. La (a) perché nella molecola, entrambi gli atomi C e H hanno riempito il loro guscio esterno.			10		16
2. La (a) perché nella molecola l'atomo di C completa il guscio.			1		2
3. La (b) perché l'idrogeno esiste come H ₂			7		
4. La (a) perché il C ha numero di ossidazione +4					1
B. Considera la seguente formula di struttura della molecola di etano <div style="text-align: center;"> $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \\ \uparrow \end{array}$ </div> quale delle seguenti affermazioni descrive meglio il significato della linea indicata dalla freccia?					
1. Rappresenta un legame covalente singolo in cui ciascuno dei due atomi di C contribuisce con 1 elettrone alla formazione di una coppia di elettroni tra i due nuclei;			9		17
2. Rappresenta un legame covalente singolo in cui un atomo di C dona 1 elettrone all'altro atomo di C;			3		
3. Rappresenta un legame chimico tra i due atomi di C;			4		2
4. Rappresenta un legame ionico tra i due atomi di C.			1		
C. Considera la seguente formula di struttura della molecola di etene,					

 <p>quale delle seguenti affermazioni descrive meglio il significato delle due linee indicate dalla freccia?</p>				
1. Rappresenta un legame covalente doppio in cui due atomi di C contribuiscono ciascuno con 2 elettroni alla formazione di due coppie di elettroni di legame;		14		19
2. Rappresenta un legame chimico doppio tra due atomi di C;				
3. Rappresenta un legame covalente doppio in cui un atomo di C dona 2 elettroni all'altro atomo di C;		2		
4. Rappresenta un legame ionico doppio tra i due atomi di C.		2		
<p>D. In quale delle seguenti immagini è rappresentata accuratamente la posizione della coppia di elettroni condivisa nella molecola HF?</p> <p>(a) H :F (b) H : F</p>	5	12	13	6
1. Gli elettroni di non legame influenzano la posizione delle coppie di elettroni di legame o condivise;				2
2. L'atomo di idrogeno e quello di fluoro formano un legame covalente e quindi la coppia di elettroni deve essere localizzata alla stessa distanza tra i due atomi;		4		4
3. Il fluoro ha un'attrazione maggiore per la coppia di elettroni condivisa;		10		13
4. Il fluoro è più grande dei due atomi e quindi esercita un maggiore controllo sulla coppia di elettroni condivisa.				
<p>E. Se del sodio (Na) metallico riscaldato viene a contatto con del cloro gassoso (Cl₂), avviene una violenta reazione in cui si forma una sostanza bianca, il cloruro di sodio (NaCl). Scegli tra le seguenti la struttura del composto formato:</p> <p>(a) Na-Cl (b) Na⁺Cl⁻</p>	8	10		19

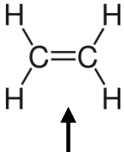
1. Perché entrambi gli atomi raggiungono l'ottetto;		2		2
2. Perché per formare un composto, si deve formare un legame covalente;		4		1
3. Perché un elettrone è trasferito dal sodio al cloro formando un legame ionico;		9		16
4. Perché avviene una reazione redox.		1		
F. L'azoto è un elemento del V gruppo e forma un composto con l'idrogeno. Quale delle seguenti strutture rappresenta la forma della molecola?				
	7	12		19
1. Perché l'atomo di azoto può condividere 5 coppie di elettroni;		3		
2. Perché l'atomo di azoto condivide 3 coppie di elettroni per raggiungere l'ottetto;		7		19
3. Perché condividendo 5 elettroni non ci sono elettroni spaiati e l'atomo di azoto è stabile;		6		
4. Perché gli elettroni accoppiati non formano legami.				
G. La molecola dell'anidride carbonica CO₂, è polare? (a) SI (b) NO	10	9	3	15
1. Perché è formata da legami covalenti polari		7		1
2. Perché è formata da legami covalenti non polari		7		1
3. Perché le polarità dei legami si annullano		3		13
4. Perché le polarità dei legami non si annullano		1		3
H. Scegli tra le seguenti due strutture quella che meglio rappresenta la forma della molecola SCl₂ :				
	4	12	4	15

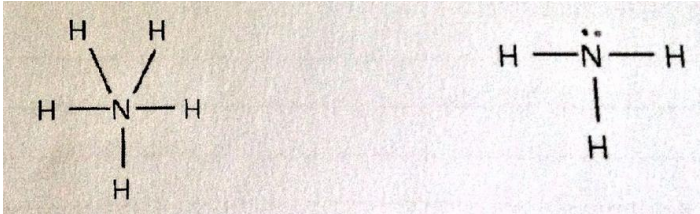
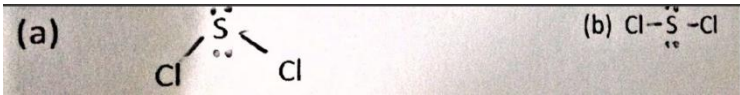
1. La forma della molecola è determinata dalla repulsione tra le coppie di elettroni di legame e di non legame;		3		13
2. La forma della molecola è determinata dalla repulsione tra le coppie di elettroni di non legame;		5		1
3. I due legami S-Cl si respingono in modo uguale		4		2
4. Il cloro ha una elettronegatività più alta rispetto allo zolfo e questo influenza la forma della molecola.		3		2
I. I legami presenti nel cloruro di magnesio ($MgCl_2$) sono ionici, mentre quelli presenti nel cloruro di titanio ($TiCl_4$) sono covalenti. Quando una miscela di eguali quantità delle due sostanze viene riscaldata, la fase vapore conterrà:				
(a) Uguali quantità dei due composti (b) prevalentemente molecole di $TiCl_4$		13		15
1) Perché la diversa natura di legami intramolecolari non influenza le forze intermolecolari;	3	4		
2) Perché le forze di interazione tra molecole sono più deboli delle forze di attrazione fra ioni presenti nel sale fuso		3		4
3) Perché è più facile rompere i legami covalenti e quindi portare in fase vapore atomi di titanio e di cloro;		7		10
4) Perché sono entrambi cloruri, quindi si comportano in modo simile.		2		
Considera la seguente immagine:				
				

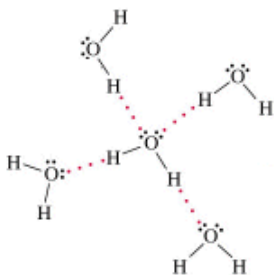
quale delle seguenti affermazioni descrive meglio il significato della linea tratteggiata?				
1. Rappresenta un legame debole tra le molecole;		3		5
2. Rappresenta un legame a idrogeno;		8		13
3. Rappresenta una forza di attrazione dipolo-dipolo, perché l'acqua è una molecola polare;		1		1
4. Rappresenta un legame dativo tra le molecole d'acqua.		3		

Tabella a3 – Percorso 1, classe 3M.

Numero studenti = 24 in entrata e 22 in uscita		Entrata		Uscita	
		a	b	a	b
A. Un atomo di carbonio forma una molecola con l'idrogeno; scegli tra le due possibilità quella che secondo te esiste in natura. (a) CH₄ (b) CH₂		14	10	21	1
1. La (a) perché nella molecola, entrambi gli atomi C e H hanno riempito il loro guscio esterno.			7		13
2. La (a) perché nella molecola l'atomo di C completa il guscio.			4		7
3. La (b) perché l'idrogeno esiste come H ₂			10		1
4. La (a) perché il C ha numero di ossidazione +4			1		1
B. Considera la seguente formula di struttura della molecola di etano <div style="text-align: center;"> $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \\ \uparrow \end{array}$ </div> quale delle seguenti affermazioni descrive meglio il significato della linea indicata dalla freccia?					
1. Rappresenta un legame covalente singolo in cui ciascuno dei due atomi di C contribuisce con 1 elettrone alla formazione di una coppia di elettroni tra i due nuclei;			8		19
2. Rappresenta un legame covalente singolo in cui un atomo di C dona 1 elettrone all'altro atomo di C;			3		1
3. Rappresenta un legame chimico tra i due atomi di C;			5		1
4. Rappresenta un legame ionico tra i due atomi di C.			3		
C. Considera la seguente formula di struttura della molecola di etene,					

 <p>quale delle seguenti affermazioni descrive meglio il significato delle due linee indicate dalla freccia?</p>				
1. Rappresenta un legame covalente doppio in cui due atomi di C contribuiscono ciascuno con 2 elettroni alla formazione di due coppie di elettroni di legame;		11		20
2. Rappresenta un legame chimico doppio tra due atomi di C;		7		
3. Rappresenta un legame covalente doppio in cui un atomo di C dona 2 elettroni all'altro atomo di C;		3		1
4. Rappresenta un legame ionico doppio tra i due atomi di C.				
D. In quale delle seguenti immagini è rappresentata accuratamente la posizione della coppia di elettroni condivisa nella molecola HF? <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> (a) H :F (b) H : F </div>		9	13	18
1. Gli elettroni di non legame influenzano la posizione delle coppie di elettroni di legame o condivise;		1		
2. L'atomo di idrogeno e quello di fluoro formano un legame covalente e quindi la coppia di elettroni deve essere localizzata alla stessa distanza tra i due atomi;		13		3
3. Il fluoro ha un'attrazione maggiore per la coppia di elettroni condivisa;		5		17
4. Il fluoro è più grande dei due atomi e quindi esercita un maggiore controllo sulla coppia di elettroni condivisa.		2		1
E. Se del sodio (Na) metallico riscaldato viene a contatto con del cloro gassoso (Cl₂), avviene una violenta reazione in cui si forma una sostanza bianca, il cloruro di sodio (NaCl). Scegli tra le seguenti la struttura del composto formato: <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> (a) Na-Cl (b) Na⁺Cl⁻ </div>		3	19	18

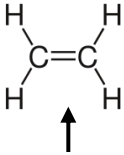
1. Perché entrambi gli atomi raggiungono l'ottetto;		4		
2. Perché per formare un composto, si deve formare un legame covalente;		4		1
3. Perché un elettrone è trasferito dal sodio al cloro formando un legame ionico;		14		16
4. Perché avviene una reazione redox.				
F. L'azoto è un elemento del V gruppo e forma un composto con l'idrogeno. Quale delle seguenti strutture rappresenta la forma della molecola?				
	9	12	1	21
1. Perché l'atomo di azoto può condividere 5 coppie di elettroni;		1		
2. Perché l'atomo di azoto condivide 3 coppie di elettroni per raggiungere l'ottetto;		11		20
3. Perché condividendo 5 elettroni non ci sono elettroni spaiati e l'atomo di azoto è stabile;		8		1
4. Perché gli elettroni accoppiati non formano legami.				1
G. La molecola dell'anidride carbonica CO₂, è polare? (a) SI (b) NO	12	9	4	17
1. Perché è formata da legami covalenti polari		11		3
2. Perché è formata da legami covalenti non polari		4		5
3. Perché le polarità dei legami si annullano		5		12
4. Perché le polarità dei legami non si annullano		1		1
H. Scegli tra le seguenti due strutture quella che meglio rappresenta la forma della molecola SCl₂ :				
	10	11	8	13

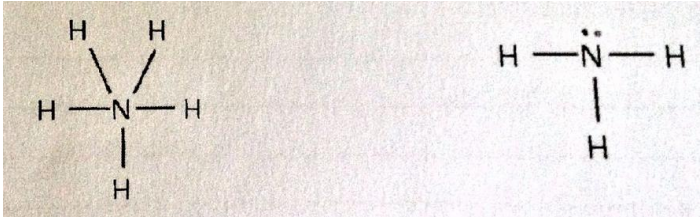
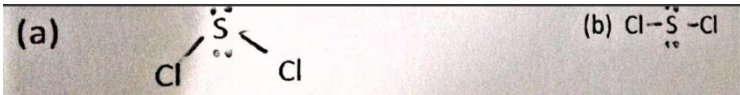
1. La forma della molecola è determinata dalla repulsione tra le coppie di elettroni di legame e di non legame;		4		13
2. La forma della molecola è determinata dalla repulsione tra le coppie di elettroni di non legame;		2		4
3. I due legami S-Cl si respingono in modo uguale		7		1
4. Il cloro ha una elettronegatività più alta rispetto allo zolfo e questo influenza la forma della molecola.		8		2
I. I legami presenti nel cloruro di magnesio (MgCl_2) sono ionici, mentre quelli presenti nel cloruro di titanio (TiCl_4) sono covalenti. Quando una miscela di eguali quantità delle due sostanze viene riscaldata, la fase vapore conterrà:				
(a) Uguali quantità dei due composti (b) prevalentemente molecole di TiCl_4	8	12	2	14
1) Perché la diversa natura di legami intramolecolari non influenza le forze intermolecolari;		2		2
2) Perché le forze di interazione tra molecole sono più deboli delle forze di attrazione fra ioni presenti nel sale fuso		3		6
3) Perché è più facile rompere i legami covalenti e quindi portare in fase vapore atomi di titanio e di cloro;		8		8
4) Perché sono entrambi cloruri, quindi si comportano in modo simile.		5		
Considera la seguente immagine:				
				

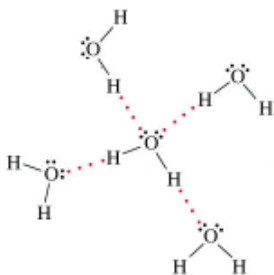
quale delle seguenti affermazioni descrive meglio il significato della linea tratteggiata?				
1. Rappresenta un legame debole tra le molecole;		13		5
2. Rappresenta un legame a idrogeno;		3		11
3. Rappresenta una forza di attrazione dipolo-dipolo, perché l'acqua è una molecola polare;		3		1
4. Rappresenta un legame dativo tra le molecole d'acqua.		1		4

Tabella a4 – Percorso 1, classe 1B.

Numero studenti = 22 in entrata e 19 in uscita		Entrata		Uscita	
		a	b	a	b
A. Un atomo di carbonio forma una molecola con l'idrogeno; scegli tra le due possibilità quella che secondo te esiste in natura. (a) CH₄ (b) CH₂		9	13	13	6
1. La (a) perché nella molecola, entrambi gli atomi C e H hanno riempito il loro guscio esterno.			4		7
2. La (a) perché nella molecola l'atomo di C completa il guscio.			2		7
3. La (b) perché l'idrogeno esiste come H ₂			12		4
4. La (a) perché il C ha numero di ossidazione +4			3		1
B. Considera la seguente formula di struttura della molecola di etano <div style="text-align: center;"> $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \\ \uparrow \end{array}$ </div> quale delle seguenti affermazioni descrive meglio il significato della linea indicata dalla freccia?					
1. Rappresenta un legame covalente singolo in cui ciascuno dei due atomi di C contribuisce con 1 elettrone alla formazione di una coppia di elettroni tra i due nuclei;			6		17
2. Rappresenta un legame covalente singolo in cui un atomo di C dona 1 elettrone all'altro atomo di C;			5		
3. Rappresenta un legame chimico tra i due atomi di C;			8		2
4. Rappresenta un legame ionico tra i due atomi di C.			3		
C. Considera la seguente formula di struttura della molecola di etene,					

 <p>quale delle seguenti affermazioni descrive meglio il significato delle due linee indicate dalla freccia?</p>				
1. Rappresenta un legame covalente doppio in cui due atomi di C contribuiscono ciascuno con 2 elettroni alla formazione di due coppie di elettroni di legame;		11		17
2. Rappresenta un legame chimico doppio tra due atomi di C;		5		1
3. Rappresenta un legame covalente doppio in cui un atomo di C dona 2 elettroni all'altro atomo di C;		5		
4. Rappresenta un legame ionico doppio tra i due atomi di C.		1		1
D. In quale delle seguenti immagini è rappresentata accuratamente la posizione della coppia di elettroni condivisa nella molecola HF? <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> (a) H :F (b) H : F </div>	9	12	10	9
1. Gli elettroni di non legame influenzano la posizione delle coppie di elettroni di legame o condivise;				
2. L'atomo di idrogeno e quello di fluoro formano un legame covalente e quindi la coppia di elettroni deve essere localizzata alla stessa distanza tra i due atomi;		8		7
3. Il fluoro ha un'attrazione maggiore per la coppia di elettroni condivisa;		10		12
4. Il fluoro è più grande dei due atomi e quindi esercita un maggiore controllo sulla coppia di elettroni condivisa.		3		
E. Se del sodio (Na) metallico riscaldato viene a contatto con del cloro gassoso (Cl₂), avviene una violenta reazione in cui si forma una sostanza bianca, il cloruro di sodio (NaCl). Scegli tra le seguenti la struttura del composto formato: <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> (a) Na-Cl (b) Na⁺Cl⁻ </div>	14	8	1	18

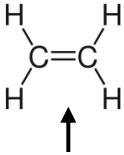
1. Perché entrambi gli atomi raggiungono l'ottetto;		6		
2. Perché per formare un composto, si deve formare un legame covalente;		5		1
3. Perché un elettrone è trasferito dal sodio al cloro formando un legame ionico;		6		18
4. Perché avviene una reazione redox.		5		
F. L'azoto è un elemento del V gruppo e forma un composto con l'idrogeno. Quale delle seguenti strutture rappresenta la forma della molecola?				
	11	10	1	18
1. Perché l'atomo di azoto può condividere 5 coppie di elettroni;		6		
2. Perché l'atomo di azoto condivide 3 coppie di elettroni per raggiungere l'ottetto;		5		19
3. Perché condividendo 5 elettroni non ci sono elettroni spaiati e l'atomo di azoto è stabile;		5		
4. Perché gli elettroni accoppiati non formano legami.		5		
G. La molecola dell'anidride carbonica CO₂, è polare? (a) SI (b) NO	14	7	12	6
1. Perché è formata da legami covalenti polari		9		12
2. Perché è formata da legami covalenti non polari		3		1
3. Perché le polarità dei legami si annullano		7		5
4. Perché le polarità dei legami non si annullano		1		
H. Scegli tra le seguenti due strutture quella che meglio rappresenta la forma della molecola SCl₂ :				
	12	10	15	4

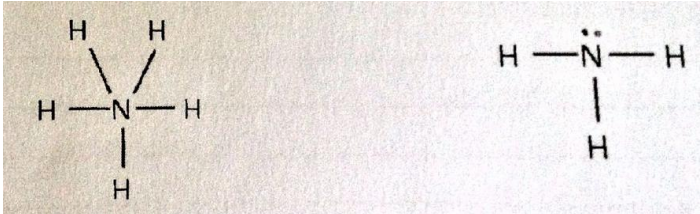
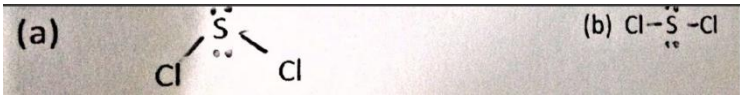
1. La forma della molecola è determinata dalla repulsione tra le coppie di elettroni di legame e di non legame;		2		10
2. La forma della molecola è determinata dalla repulsione tra le coppie di elettroni di non legame;		10		1
3. I due legami S-Cl si respingono in modo uguale		9		1
4. Il cloro ha una elettronegatività più alta rispetto allo zolfo e questo influenza la forma della molecola.				7
I. I legami presenti nel cloruro di magnesio (MgCl_2) sono ionici, mentre quelli presenti nel cloruro di titanio (TiCl_4) sono covalenti. Quando una miscela di eguali quantità delle due sostanze viene riscaldata, la fase vapore conterrà:	6	15	3	15
(a) Uguali quantità dei due composti				
(b) prevalentemente molecole di TiCl_4				
1) Perché la diversa natura di legami intramolecolari non influenza le forze intermolecolari;		3		
2) Perché le forze di interazione tra molecole sono più deboli delle forze di attrazione fra ioni presenti nel sale fuso		6		1
3) Perché è più facile rompere i legami covalenti e quindi portare in fase vapore atomi di titanio e di cloro;		5		13
4) Perché sono entrambi cloruri, quindi si comportano in modo simile.		6		4
Considera la seguente immagine:				
				

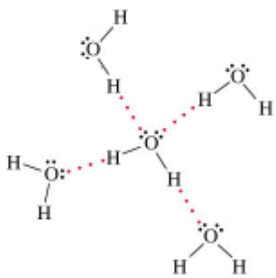
quale delle seguenti affermazioni descrive meglio il significato della linea tratteggiata?				
1. Rappresenta un legame debole tra le molecole;		10		
2. Rappresenta un legame a idrogeno;		7		10
3. Rappresenta una forza di attrazione dipolo-dipolo, perché l'acqua è una molecola polare;				8
4. Rappresenta un legame dativo tra le molecole d'acqua.		5		1

Tabella a5 – Percorso 1, classe 1P.

Numero studenti = 21 in entrata e 24 in uscita		Entrata		Uscita	
		a	b	a	b
A. Un atomo di carbonio forma una molecola con l'idrogeno; scegli tra le due possibilità quella che secondo te esiste in natura. (a) CH₄ (b) CH₂		10	11	17	7
1. La (a) perché nella molecola, entrambi gli atomi C e H hanno riempito il loro guscio esterno.			7		16
2. La (a) perché nella molecola l'atomo di C completa il guscio.			4		2
3. La (b) perché l'idrogeno esiste come H ₂			6		6
4. La (a) perché il C ha numero di ossidazione +4			3		
B. Considera la seguente formula di struttura della molecola di etano <div style="text-align: center;"> $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \\ \uparrow \end{array}$ </div> quale delle seguenti affermazioni descrive meglio il significato della linea indicata dalla freccia?					
1. Rappresenta un legame covalente singolo in cui ciascuno dei due atomi di C contribuisce con 1 elettrone alla formazione di una coppia di elettroni tra i due nuclei;			5		17
2. Rappresenta un legame covalente singolo in cui un atomo di C dona 1 elettrone all'altro atomo di C;			4		5
3. Rappresenta un legame chimico tra i due atomi di C;			9		1
4. Rappresenta un legame ionico tra i due atomi di C.			3		1
C. Considera la seguente formula di struttura della molecola di etene,					

 <p>quale delle seguenti affermazioni descrive meglio il significato delle due linee indicate dalla freccia?</p>				
1. Rappresenta un legame covalente doppio in cui due atomi di C contribuiscono ciascuno con 2 elettroni alla formazione di due coppie di elettroni di legame;		6		19
2. Rappresenta un legame chimico doppio tra due atomi di C;		7		1
3. Rappresenta un legame covalente doppio in cui un atomo di C dona 2 elettroni all'altro atomo di C;		7		4
4. Rappresenta un legame ionico doppio tra i due atomi di C.		1		
D. In quale delle seguenti immagini è rappresentata accuratamente la posizione della coppia di elettroni condivisa nella molecola HF? <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> (a) H :F (b) H : F </div>	7	14	14	7
1. Gli elettroni di non legame influenzano la posizione delle coppie di elettroni di legame o condivise;		5		
2. L'atomo di idrogeno e quello di fluoro formano un legame covalente e quindi la coppia di elettroni deve essere localizzata alla stessa distanza tra i due atomi;		5		6
3. Il fluoro ha un'attrazione maggiore per la coppia di elettroni condivisa;		6		14
4. Il fluoro è più grande dei due atomi e quindi esercita un maggiore controllo sulla coppia di elettroni condivisa.		5		1
E. Se del sodio (Na) metallico riscaldato viene a contatto con del cloro gassoso (Cl₂), avviene una violenta reazione in cui si forma una sostanza bianca, il cloruro di sodio (NaCl). Scegli tra le seguenti la struttura del composto formato: <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> (a) Na-Cl (b) Na⁺Cl⁻ </div>	9	12	9	15

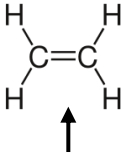
1. Perché entrambi gli atomi raggiungono l'ottetto;		5		2
2. Perché per formare un composto, si deve formare un legame covalente;		5		9
3. Perché un elettrone è trasferito dal sodio al cloro formando un legame ionico;		8		13
4. Perché avviene una reazione redox.		3		
F. L'azoto è un elemento del V gruppo e forma un composto con l'idrogeno. Quale delle seguenti strutture rappresenta la forma della molecola?				
	10	11		24
1. Perché l'atomo di azoto può condividere 5 coppie di elettroni;		8		
2. Perché l'atomo di azoto condivide 3 coppie di elettroni per raggiungere l'ottetto;		7		22
3. Perché condividendo 5 elettroni non ci sono elettroni spaiati e l'atomo di azoto è stabile;		1		2
4. Perché gli elettroni accoppiati non formano legami.		5		
G. La molecola dell'anidride carbonica CO₂, è polare? (a) SI (b) NO	10	11	6	18
1. Perché è formata da legami covalenti polari		6		6
2. Perché è formata da legami covalenti non polari		6		2
3. Perché le polarità dei legami si annullano		4		16
4. Perché le polarità dei legami non si annullano		5		
H. Scegli tra le seguenti due strutture quella che meglio rappresenta la forma della molecola SCl₂ :				
	11	10	15	9

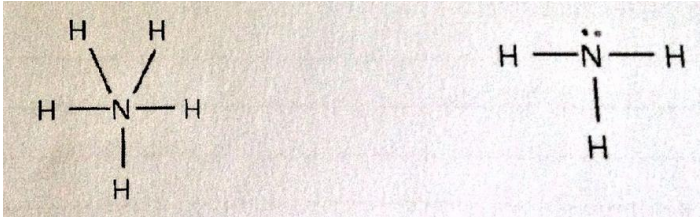
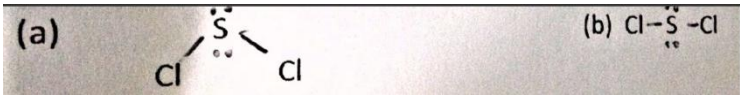
1. La forma della molecola è determinata dalla repulsione tra le coppie di elettroni di legame e di non legame;		7		16
2. La forma della molecola è determinata dalla repulsione tra le coppie di elettroni di non legame;		4		2
3. I due legami S-Cl si respingono in modo uguale		6		4
4. Il cloro ha una elettronegatività più alta rispetto allo zolfo e questo influenza la forma della molecola.		4		2
I. I legami presenti nel cloruro di magnesio (MgCl_2) sono ionici, mentre quelli presenti nel cloruro di titanio (TiCl_4) sono covalenti. Quando una miscela di eguali quantità delle due sostanze viene riscaldata, la fase vapore conterrà:	7	14	2	22
(a) Uguali quantità dei due composti (b) prevalentemente molecole di TiCl_4				
1) Perché la diversa natura di legami intramolecolari non influenza le forze intermolecolari;		4		1
2) Perché le forze di interazione tra molecole sono più deboli delle forze di attrazione fra ioni presenti nel sale fuso		5		3
3) Perché è più facile rompere i legami covalenti e quindi portare in fase vapore atomi di titanio e di cloro;		6		19
4) Perché sono entrambi cloruri, quindi si comportano in modo simile.		6		1
Considera la seguente immagine:				
				

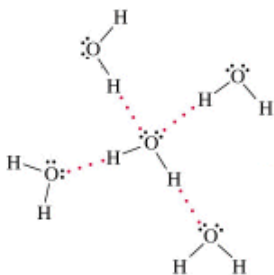
quale delle seguenti affermazioni descrive meglio il significato della linea tratteggiata?				
1. Rappresenta un legame debole tra le molecole;		4		1
2. Rappresenta un legame a idrogeno;		9		13
3. Rappresenta una forza di attrazione dipolo-dipolo, perché l'acqua è una molecola polare;		6		6
4. Rappresenta un legame dativo tra le molecole d'acqua.		2		1

Tabella a6 – Percorso 1, classe 1H.

Numero studenti = 22 in entrata e 23 in uscita	Entrata		Uscita	
	a	b	a	b
A. Un atomo di carbonio forma una molecola con l'idrogeno; scegli tra le due possibilità quella che secondo te esiste in natura. (a) CH₄ (b) CH₂	10	12	16	7
1. La (a) perché nella molecola, entrambi gli atomi C e H hanno riempito il loro guscio esterno.		8		14
2. La (a) perché nella molecola l'atomo di C completa il guscio.		4		4
3. La (b) perché l'idrogeno esiste come H ₂		6		4
4. La (a) perché il C ha numero di ossidazione +4		3		1
B. Considera la seguente formula di struttura della molecola di etano <div style="text-align: center;"> $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \\ \uparrow \end{array}$ </div> quale delle seguenti affermazioni descrive meglio il significato della linea indicata dalla freccia?				
1. Rappresenta un legame covalente singolo in cui ciascuno dei due atomi di C contribuisce con 1 elettrone alla formazione di una coppia di elettroni tra i due nuclei;		6		13
2. Rappresenta un legame covalente singolo in cui un atomo di C dona 1 elettrone all'altro atomo di C;		5		3
3. Rappresenta un legame chimico tra i due atomi di C;		8		3
4. Rappresenta un legame ionico tra i due atomi di C.		3		1
C. Considera la seguente formula di struttura della molecola di etene,				

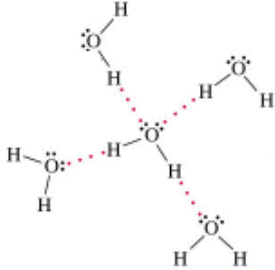
 <p>quale delle seguenti affermazioni descrive meglio il significato delle due linee indicate dalla freccia?</p>				
1. Rappresenta un legame covalente doppio in cui due atomi di C contribuiscono ciascuno con 2 elettroni alla formazione di due coppie di elettroni di legame;		5		15
2. Rappresenta un legame chimico doppio tra due atomi di C;		7		2
3. Rappresenta un legame covalente doppio in cui un atomo di C dona 2 elettroni all'altro atomo di C;		8		2
4. Rappresenta un legame ionico doppio tra i due atomi di C.		2		2
D. In quale delle seguenti immagini è rappresentata accuratamente la posizione della coppia di elettroni condivisa nella molecola HF? <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> (a) H :F (b) H : F </div>	7	16	16	7
1. Gli elettroni di non legame influenzano la posizione delle coppie di elettroni di legame o condivise;		4		1
2. L'atomo di idrogeno e quello di fluoro formano un legame covalente e quindi la coppia di elettroni deve essere localizzata alla stessa distanza tra i due atomi;		6		6
3. Il fluoro ha un'attrazione maggiore per la coppia di elettroni condivisa;		7		14
4. Il fluoro è più grande dei due atomi e quindi esercita un maggiore controllo sulla coppia di elettroni condivisa.		5		2
E. Se del sodio (Na) metallico riscaldato viene a contatto con del cloro gassoso (Cl₂), avviene una violenta reazione in cui si forma una sostanza bianca, il cloruro di sodio (NaCl). Scegli tra le seguenti la struttura del composto formato: <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> (a) Na-Cl (b) Na⁺Cl⁻ </div>	12	10	6	16

1. Perché entrambi gli atomi raggiungono l'ottetto;		6		4
2. Perché per formare un composto, si deve formare un legame covalente;		6		4
3. Perché un elettrone è trasferito dal sodio al cloro formando un legame ionico;		8		14
4. Perché avviene una reazione redox.		2		
F. L'azoto è un elemento del V gruppo e forma un composto con l'idrogeno. Quale delle seguenti strutture rappresenta la forma della molecola?				
	9	13	4	19
1. Perché l'atomo di azoto può condividere 5 coppie di elettroni;		7		2
2. Perché l'atomo di azoto condivide 3 coppie di elettroni per raggiungere l'ottetto;		8		18
3. Perché condividendo 5 elettroni non ci sono elettroni spaiati e l'atomo di azoto è stabile;		2		3
4. Perché gli elettroni accoppiati non formano legami.		5		
G. La molecola dell'anidride carbonica CO₂, è polare? (a) SI (b) NO	13	9	6	15
1. Perché è formata da legami covalenti polari		8		5
2. Perché è formata da legami covalenti non polari		5		3
3. Perché le polarità dei legami si annullano		5		11
4. Perché le polarità dei legami non si annullano		4		2
H. Scegli tra le seguenti due strutture quella che meglio rappresenta la forma della molecola SCl₂ :				
	12	10	12	8

1. La forma della molecola è determinata dalla repulsione tra le coppie di elettroni di legame e di non legame;		7		11
2. La forma della molecola è determinata dalla repulsione tra le coppie di elettroni di non legame;		4		4
3. I due legami S-Cl si respingono in modo uguale		8		2
4. Il cloro ha una elettronegatività più alta rispetto allo zolfo e questo influenza la forma della molecola.		3		4
I. I legami presenti nel cloruro di magnesio (MgCl_2) sono ionici, mentre quelli presenti nel cloruro di titanio (TiCl_4) sono covalenti. Quando una miscela di eguali quantità delle due sostanze viene riscaldata, la fase vapore conterrà: (a) Uguali quantità dei due composti (b) prevalentemente molecole di TiCl_4	7	15	8	12
1) Perché la diversa natura di legami intramolecolari non influenza le forze intermolecolari;		5		3
2) Perché le forze di interazione tra molecole sono più deboli delle forze di attrazione fra ioni presenti nel sale fuso		6		6
3) Perché è più facile rompere i legami covalenti e quindi portare in fase vapore atomi di titanio e di cloro;		6		9
4) Perché sono entrambi cloruri, quindi si comportano in modo simile.		5		2
Considera la seguente immagine: 				

quale delle seguenti affermazioni descrive meglio il significato della linea tratteggiata?				
1. Rappresenta un legame debole tra le molecole;		5		2
2. Rappresenta un legame a idrogeno;		8		9
3. Rappresenta una forza di attrazione dipolo-dipolo, perché l'acqua è una molecola polare;		7		6
4. Rappresenta un legame dativo tra le molecole d'acqua.		2		2

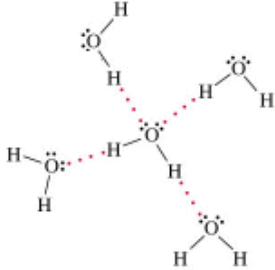
Tabella a7 – Percorso 2, classe 4H.

Numero totale studenti = 27 in entrata e 23 in uscita		Entrata		Uscita	
		a	b	a	b
A. I legami presenti nel cloruro di magnesio (MgCl_2) sono ionici, mentre quelli presenti nel cloruro di titanio (TiCl_4) sono covalenti. Quando una miscela di eguali quantità delle due sostanze viene riscaldata, la fase vapore conterrà: (a) Uguali quantità dei due composti (b) prevalentemente molecole di TiCl_4		5	19		23
1) Perché la diversa natura di legami intramolecolari non influenza le forze intermolecolari;			1		3
2) Perché le forze di interazione tra molecole sono più deboli delle forze di attrazione presenti in un composto ionico;			11		16
3) Perché è più facile rompere i legami covalenti e quindi portare in fase vapore atomi di titanio e di cloro;			9		4
4) Perché sono entrambi cloruri, quindi si comportano in modo simile.			4		
Considera la seguente immagine: 					
quale delle seguenti affermazioni descrive meglio il significato della linea tratteggiata?					
1. Rappresenta un legame debole tra le molecole;					
2. Rappresenta un legame a idrogeno					
3. Rappresenta una forza di attrazione dipolo-dipolo, perché l'acqua è una molecola polare;			24		23
4. Rappresenta un legame dativo tra le molecole d'acqua.			1		
			2		

C. La mioglobina è una proteina globulare; la struttura globulare è data dalla presenza di porzioni della molecola con struttura ad alfa elica e porzioni con struttura a beta foglietto. La presenza di due tipi di struttura secondaria è dovuta a:				
1. Per alcuni aminoacidi prevalgono interazioni fra atomi della stessa catena, mentre per altri prevalgono le interazioni fra catene diverse;		5		
2. Perché la mioglobina deve chiudersi a “gomitolo” per poter esplicare la sua azione;		10		17
3. Perché le zone ad alfa elica hanno una funzione diversa rispetto alle zone a beta foglietto;		10		2
4. Non c'è una regola stabilita, le catene proteiche assumono casualmente le diverse strutture.		1		4
				0
D. la molecola del licopene (il pigmento responsabile del colore rosso del pomodoro) contiene un gran numero di doppi legami coniugati. Aggiungendo Bromo al licopene, mentre la reazione procede si osserva un progressivo cambiamento di colore dal giallo, al verde, al blu. Tenendo conto che il bromo si addiziona ai doppi legami, scegli tra le seguenti la definizione che meglio spiega il fenomeno.				
1. La reazione con il bromo provoca una progressiva decomposizione del licopene in altre molecole;		13		
2. All'aumentare del numero dei doppi legami di una certa catena che si rompono, progressivamente diminuisce il grado di coniugazione;		5		
3. Poiché anche il bromo è colorato, il colore della miscela dei due composti è la combinazione dei due colori;		0		19
4. Per via della reazione il bromo molecolare produce ioni bromuro che sono responsabili del colore.		3		2
				1
E. Secondo la tradizione, Kekulé suggerì che il benzene avesse una struttura ciclica, dopo aver sognato l'immagine di un serpente che si morde la coda. Questa ipotesi contribuì a chiarire alcune evidenze sperimentali altrimenti inspiegabili. Quali delle seguenti proprietà del benzene possono essere interpretate solo in termini di una struttura ciclica con doppi legami delocalizzati?				
1. Tutti gli atomi di carbonio si comportano in modo identico verso opportune reazioni chimiche (per esempio l'addizione di un alogeno);		3		1
2. Le lunghezze di legame sono tutte uguali;		1		16

3. L'anello del benzene risulta particolarmente poco reattivo in reazioni che comportano la rottura dei doppi legami;		17		6
4. Il benzene cristallino forma strutture simili a quelle della grafite.		0		
F. Considera due molecole polari, libere di muoversi. E' possibile che a causa delle interazioni intermolecolari le due molecole cambino la loro orientazione reciproca?				
1. Si perché le molecole si muovono casualmente, quindi assumeranno tutte le possibili orientazioni;				
2. No perché tale movimento richiede temperature eccessivamente elevate;		4		1
3. Si perché i dipoli tendono ad allinearsi;		17		21
4. Si perché le molecole tendono a occupare il minimo spazio possibile.		3		
G. I polimeri si ottengono collegando insieme in lunghe catene, un gran numero di piccoli gruppi di atomi chiamati monomeri. I polimeri possono assumere diverse conformazioni nello spazio; poiché le interazioni fra i monomeri sono di tipo attrattivo, la singola catena tende ad assumere preferenzialmente una conformazione raggomitolata. Quando sono presenti più catene, si possono instaurare anche interazioni tra monomeri di catene adiacenti. In questo caso, risulterà ancora favorita la conformazione raggomitolata?				
1. Sì, perché la conformazione raggomitolata è la più stabile per la singola catena;		3		2
2. No, perché a causa delle interazioni tra monomeri di catene diverse;		6		1
3. No, perché gli urti tra catene raggomitolate, ne provocano l'apertura;		4		2
4. Sì, perché la conformazione raggomitolata è quella che occupa il minimo spazio.		13		18

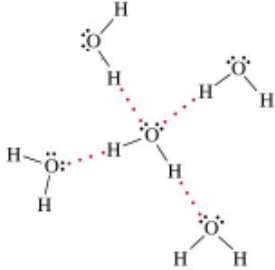
Tabella a8 – Percorso 2, classe 4B.

Numero studenti = 22 in entrata e 17 in uscita		Entrata		Uscita	
		a	b	a	b
A. I legami presenti nel cloruro di magnesio (MgCl_2) sono ionici, mentre quelli presenti nel cloruro di titanio (TiCl_4) sono covalenti. Quando una miscela di eguali quantità delle due sostanze viene riscaldata, la fase vapore conterrà: (a) Uguali quantità dei due composti (b) prevalentemente molecole di TiCl_4		2	20		17
1) Perché la diversa natura di legami intramolecolari non influenza le forze intermolecolari;					
2) Perché le forze di interazione tra molecole sono più deboli delle forze di attrazione presenti in un composto ionico;			2		9
3) Perché è più facile rompere i legami covalenti e quindi portare in fase vapore atomi di titanio e di cloro;			15		8
4) Perché sono entrambi cloruri, quindi si comportano in modo simile.			2		
Considera la seguente immagine: 					
quale delle seguenti affermazioni descrive meglio il significato della linea tratteggiata?					
1. Rappresenta un legame debole tra le molecole;					
2. Rappresenta un legame a idrogeno			5		
3. Rappresenta una forza di attrazione dipolo-dipolo, perché l'acqua è una molecola polare;			13		17
4. Rappresenta un legame dativo tra le molecole d'acqua.			4		

C. La mioglobina è una proteina globulare; la struttura globulare è data dalla presenza di porzioni della molecola con struttura ad alfa elica e porzioni con struttura a beta foglietto. La presenza di due tipi di struttura secondaria è dovuta a:				
1. Per alcuni aminoacidi prevalgono interazioni fra atomi della stessa catena, mentre per altri prevalgono le interazioni fra catene diverse;		7		0
2. Perché la mioglobina deve chiudersi a “gomitolo” per poter esplicare la sua azione;		4		16
3. Perché le zone ad alfa elica hanno una funzione diversa rispetto alle zone a beta foglietto;		11		0
4. Non c'è una regola stabilita, le catene proteiche assumono casualmente le diverse strutture.				1
D. la molecola del licopene (il pigmento responsabile del colore rosso del pomodoro) contiene un gran numero di doppi legami coniugati. Aggiungendo Bromo al licopene, mentre la reazione procede si osserva un progressivo cambiamento di colore dal giallo, al verde, al blu. Tenendo conto che il bromo si addiziona ai doppi legami, scegli tra le seguenti la definizione che meglio spiega il fenomeno.				
1. La reazione con il bromo provoca una progressiva decomposizione del licopene in altre molecole;		2		
2. All'aumentare del numero dei doppi legami di una certa catena che si rompono, progressivamente diminuisce il grado di coniugazione;		6		12
3. Poiché anche il bromo è colorato, il colore della miscela dei due composti è la combinazione dei due colori;		6		0
4. Per via della reazione il bromo molecolare produce ioni bromuro che sono responsabili del colore.		8		5
E. Secondo la tradizione, Kekulé suggerì che il benzene avesse una struttura ciclica, dopo aver sognato l'immagine di un serpente che si morde la coda. Questa ipotesi contribuì a chiarire alcune evidenze sperimentali altrimenti inspiegabili. Quali delle seguenti proprietà del benzene possono essere interpretate solo in termini di una struttura ciclica con doppi legami delocalizzati?				
1. Tutti gli atomi di carbonio si comportano in modo identico verso opportune reazioni chimiche (per esempio l'addizione di un alogeno);		5		3
2. Le lunghezze di legame sono tutte uguali;		1		13

3. L'anello del benzene risulta particolarmente poco reattivo in reazioni che comportano la rottura dei doppi legami;		13		
4. Il benzene cristallino forma strutture simili a quelle della grafite.		3		
F. Considera due molecole polari, libere di muoversi. E' possibile che a causa delle interazioni intermolecolari le due molecole cambino la loro orientazione reciproca?				
1. Si perché le molecole si muovono casualmente, quindi assumeranno tutte le possibili orientazioni;		10		
2. No perché tale movimento richiede temperature eccessivamente elevate;		0		
3. Si perché i dipoli tendono ad allinearsi;		10		16
4. Si perché le molecole tendono a occupare il minimo spazio possibile.		2		1
G. I polimeri si ottengono collegando insieme in lunghe catene, un gran numero di piccoli gruppi di atomi chiamati monomeri. I polimeri possono assumere diverse conformazioni nello spazio; poiché le interazioni fra i monomeri sono di tipo attrattivo, la singola catena tende ad assumere preferenzialmente una conformazione raggomitolata. Quando sono presenti più catene, si possono instaurare anche interazioni tra monomeri di catene adiacenti. In questo caso, risulterà ancora favorita la conformazione raggomitolata?				
1. Si, perché la conformazione raggomitolata è la più stabile per la singola catena;		6		5
2. No, perché a causa delle interazioni tra monomeri di catene diverse;		9		9
3. No, perché gli urti tra catene raggomitolate, ne provocano l'apertura;		2		0
4. Si, perché la conformazione raggomitolata è quella che occupa il minimo spazio.		4		3

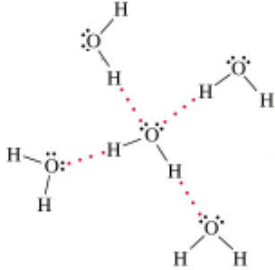
Tabella a9 – Percorso 2, classe 4G.

Numero studenti = 14 in entrata e 17 in uscita		Entrata		Uscita	
		a	b	a	b
A. I legami presenti nel cloruro di magnesio (MgCl_2) sono ionici, mentre quelli presenti nel cloruro di titanio (TiCl_4) sono covalenti. Quando una miscela di eguali quantità delle due sostanze viene riscaldata, la fase vapore conterrà: (a) Uguali quantità dei due composti (b) prevalentemente molecole di TiCl_4		4	9	1	16
1) Perché la diversa natura di legami intramolecolari non influenza le forze intermolecolari;			1		1
2) Perché le forze di interazione tra molecole sono più deboli delle forze di attrazione presenti in un composto ionico;			7		10
3) Perché è più facile rompere i legami covalenti e quindi portare in fase vapore atomi di titanio e di cloro;			3		6
4) Perché sono entrambi cloruri, quindi si comportano in modo simile.			2		0
Considera la seguente immagine: 					
quale delle seguenti affermazioni descrive meglio il significato della linea tratteggiata?					
1. Rappresenta un legame debole tra le molecole;			0		0
2. Rappresenta un legame a idrogeno			13		16
3. Rappresenta una forza di attrazione dipolo-dipolo, perché l'acqua è una molecola polare;			1		1
4. Rappresenta un legame dativo tra le molecole d'acqua.			0		0

C. La mioglobina è una proteina globulare; la struttura globulare è data dalla presenza di porzioni della molecola con struttura ad alfa elica e porzioni con struttura a beta foglietto. La presenza di due tipi di struttura secondaria è dovuta a:				
1. Per alcuni aminoacidi prevalgono interazioni fra atomi della stessa catena, mentre per altri prevalgono le interazioni fra catene diverse;		8		12
2. Perché la mioglobina deve chiudersi a “gomitolo” per poter esplicare la sua azione;		2		2
3. Perché le zone ad alfa elica hanno una funzione diversa rispetto alle zone a beta foglietto;		2		1
4. Non c'è una regola stabilita, le catene proteiche assumono casualmente le diverse strutture.		0		0
D. la molecola del licopene (il pigmento responsabile del colore rosso del pomodoro) contiene un gran numero di doppi legami coniugati. Aggiungendo Bromo al licopene, mentre la reazione procede si osserva un progressivo cambiamento di colore dal giallo, al verde, al blu. Tenendo conto che il bromo si addiziona ai doppi legami, scegli tra le seguenti la definizione che meglio spiega il fenomeno.				
1. La reazione con il bromo provoca una progressiva decomposizione del licopene in altre molecole;		6		2
2. All'aumentare del numero dei doppi legami di una certa catena che si rompono, progressivamente diminuisce il grado di coniugazione;		6		9
3. Poiché anche il bromo è colorato, il colore della miscela dei due composti è la combinazione dei due colori;		0		3
4. Per via della reazione il bromo molecolare produce ioni bromuro che sono responsabili del colore.		1		0
E. Secondo la tradizione, Kekulé suggerì che il benzene avesse una struttura ciclica, dopo aver sognato l'immagine di un serpente che si morde la coda. Questa ipotesi contribuì a chiarire alcune evidenze sperimentali altrimenti inspiegabili. Quali delle seguenti proprietà del benzene possono essere interpretate solo in termini di una struttura ciclica con doppi legami delocalizzati?				
1. Tutti gli atomi di carbonio si comportano in modo identico verso opportune reazioni chimiche (per esempio l'addizione di un alogeno);		1		1
2. Le lunghezze di legame sono tutte uguali;		6		13

3. L'anello del benzene risulta particolarmente poco reattivo in reazioni che comportano la rottura dei doppi legami;		6		3
4. Il benzene cristallino forma strutture simili a quelle della grafite.		1		0
F. Considera due molecole polari, libere di muoversi. E' possibile che a causa delle interazioni intermolecolari le due molecole cambino la loro orientazione reciproca?				
1. Si perché le molecole si muovono casualmente, quindi assumeranno tutte le possibili orientazioni;		0		0
2. No perché tale movimento richiede temperature eccessivamente elevate;		0		0
3. Si perché i dipoli tendono ad allinearsi;		13		17
4. Si perché le molecole tendono a occupare il minimo spazio possibile.		1		0
G. I polimeri si ottengono collegando insieme in lunghe catene, un gran numero di piccoli gruppi di atomi chiamati monomeri. I polimeri possono assumere diverse conformazioni nello spazio; poiché le interazioni fra i monomeri sono di tipo attrattivo, la singola catena tende ad assumere preferenzialmente una conformazione raggomitolata. Quando sono presenti più catene, si possono instaurare anche interazioni tra monomeri di catene adiacenti. In questo caso, risulterà ancora favorita la conformazione raggomitolata?				
1. Si, perché la conformazione raggomitolata è la più stabile per la singola catena;		1		2
2. No, perché a causa delle interazioni tra monomeri di catene diverse;		7		14
3. No, perché gli urti tra catene raggomitolate, ne provocano l'apertura;		2		0
4. Si, perché la conformazione raggomitolata è quella che occupa il minimo spazio.		2		0

Tabella a10 – Percorso 2, classe 4A.

Numero studenti = 20 in entrata e 17 in uscita	Entrata		Uscita	
	a	b	a	b
A. I legami presenti nel cloruro di magnesio (MgCl_2) sono ionici, mentre quelli presenti nel cloruro di titanio (TiCl_4) sono covalenti. Quando una miscela di eguali quantità delle due sostanze viene riscaldata, la fase vapore conterrà: (a) Uguali quantità dei due composti (b) prevalentemente molecole di TiCl_4	6	14	7	7
1) Perché la diversa natura di legami intramolecolari non influenza le forze intermolecolari;		3		7
2) Perché le forze di interazione tra molecole sono più deboli delle forze di attrazione presenti in un composto ionico;		2		5
3) Perché è più facile rompere i legami covalenti e quindi portare in fase vapore atomi di titanio e di cloro;		12		2
4) Perché sono entrambi cloruri, quindi si comportano in modo simile.		3		0
Considera la seguente immagine: 				
quale delle seguenti affermazioni descrive meglio il significato della linea tratteggiata?				
1. Rappresenta un legame debole tra le molecole;		0		0
2. Rappresenta un legame a idrogeno		19		16
3. Rappresenta una forza di attrazione dipolo-dipolo, perché l'acqua è una molecola polare;		1		0
4. Rappresenta un legame dativo tra le molecole d'acqua.		0		0

C. La mioglobina è una proteina globulare; la struttura globulare è data dalla presenza di porzioni della molecola con struttura ad alfa elica e porzioni con struttura a beta foglietto. La presenza di due tipi di struttura secondaria è dovuta a:				
1. Per alcuni aminoacidi prevalgono interazioni fra atomi della stessa catena, mentre per altri prevalgono le interazioni fra catene diverse;		5		7
2. Perché la mioglobina deve chiudersi a “gomitolo” per poter esplicare la sua azione;		7		2
3. Perché le zone ad alfa elica hanno una funzione diversa rispetto alle zone a beta foglietto;		7		6
4. Non c'è una regola stabilita, le catene proteiche assumono casualmente le diverse strutture.		0		0
D. la molecola del licopene (il pigmento responsabile del colore rosso del pomodoro) contiene un gran numero di doppi legami coniugati. Aggiungendo Bromo al licopene, mentre la reazione procede si osserva un progressivo cambiamento di colore dal giallo, al verde, al blu. Tenendo conto che il bromo si addiziona ai doppi legami, scegli tra le seguenti la definizione che meglio spiega il fenomeno.				
1. La reazione con il bromo provoca una progressiva decomposizione del licopene in altre molecole;		4		2
2. All'aumentare del numero dei doppi legami di una certa catena che si rompono, progressivamente diminuisce il grado di coniugazione;		11		13
3. Poiché anche il bromo è colorato, il colore della miscela dei due composti è la combinazione dei due colori;		0		0
4. Per via della reazione il bromo molecolare produce ioni bromuro che sono responsabili del colore.		4		2
E. Secondo la tradizione, Kekulé suggerì che il benzene avesse una struttura ciclica, dopo aver sognato l'immagine di un serpente che si morde la coda. Questa ipotesi contribuì a chiarire alcune evidenze sperimentali altrimenti inspiegabili. Quali delle seguenti proprietà del benzene possono essere interpretate solo in termini di una struttura ciclica con doppi legami delocalizzati?				
1. Tutti gli atomi di carbonio si comportano in modo identico verso opportune reazioni chimiche (per esempio l'addizione di un alogeno);		1		0
2. Le lunghezze di legame sono tutte uguali;		0		5

3. L'anello del benzene risulta particolarmente poco reattivo in reazioni che comportano la rottura dei doppi legami;		7		11
4. Il benzene cristallino forma strutture simili a quelle della grafite.		5		1
F. Considera due molecole polari, libere di muoversi. E' possibile che a causa delle interazioni intermolecolari le due molecole cambino la loro orientazione reciproca?				
1. Si perché le molecole si muovono casualmente, quindi assumeranno tutte le possibili orientazioni;		4		0
2. No perché tale movimento richiede temperature eccessivamente elevate;		0		1
3. Si perché i dipoli tendono ad allinearsi;		15		15
4. Si perché le molecole tendono a occupare il minimo spazio possibile.		0		0
G. I polimeri si ottengono collegando insieme in lunghe catene, un gran numero di piccoli gruppi di atomi chiamati monomeri. I polimeri possono assumere diverse conformazioni nello spazio; poiché le interazioni fra i monomeri sono di tipo attrattivo, la singola catena tende ad assumere preferenzialmente una conformazione raggomitolata. Quando sono presenti più catene, si possono instaurare anche interazioni tra monomeri di catene adiacenti. In questo caso, risulterà ancora favorita la conformazione raggomitolata?				
1. Sì, perché la conformazione raggomitolata è la più stabile per la singola catena;		3		4
2. No, perché a causa delle interazioni tra monomeri di catene diverse;		6		10
3. No, perché gli urti tra catene raggomitolate, ne provocano l'apertura;		2		0
4. Sì, perché la conformazione raggomitolata è quella che occupa il minimo spazio.		3		1

Tabella a11 – Valutazione dell'opinione, questionario entrata, domanda 1.

Numero studenti = 19

Quanto sei d'accordo con le affermazioni seguenti? Rispondi indicando il tuo grado di accordo per ciascuna affermazione. Se qualche affermazione non è per te chiara, non rispondere e passa alla successiva.	Totalmente d'accordo	Parzialmente d'accordo	Non so	Parzialmente in disaccordo	Totalmente in disaccordo
Lo studio della scienza è difficile.	1	10	1	6	1
La scienza che si studia a scuola è interessante.	6	10	1	2	0
La scienza che si studia a scuola è facile da capire.	0	13	2	2	2
Lo studio della scienza mi ha fatto capire che esistono cose da fare nuove e interessanti.	6	8	2	3	0
La scienza mi piace più di altre materie.	4	8	4	3	0
Credo che tutti dovrebbero studiare scienze a scuola.	15	2	1	1	0
Gli argomenti scientifici che imparo a scuola mi saranno utili per la mia vita di tutti i giorni.	3	8	5	2	1
Penso che la scienza che si studia a scuola migliorerà le mie possibilità di trovare un lavoro interessante.	6	8	3	2	0
Lo studio della scienza ha aumentato la mia curiosità sulle cose che non riusciamo ancora a spiegare.	7	8	1	2	1
La scienza che si studia a scuola mi ha mostrato l'importanza di questo argomento per la nostra vita.	5	7	3	3	1
Da grande vorrei diventare uno scienziato.	1	2	9	4	3
Scienza e tecnologia sono importanti per la società	16	1	0	1	0
Scienza e tecnologia ci permetteranno di trovare le cure per malattie come l'HIV/AIDS, il cancro, etc.	14	3	2	0	0
Scienza e tecnologia rendono la nostra vita più sicura, facile e confortevole.	4	12	2	1	0
I benefici prodotti dalla scienza sono maggiori degli effetti dannosi che potrebbe produrre.	1	5	10	3	0

Scienza e tecnologia possono risolvere quasi tutti i problemi.	1	7	5	6	0
Scienza e tecnologia sono la causa dei problemi ambientali.	0	7	6	5	1
Un paese non ha bisogno di scienza e tecnologia per svilupparsi.	1	3	0	3	12
La scienza e la tecnologia avvantaggiano principalmente i paesi più sviluppati.	3	12	3	1	0
Gli scienziati seguono il metodo scientifico, che li porta sempre a trovare le risposte corrette.	2	5	6	5	1
Dovremmo sempre aver fiducia di ciò che gli scienziati ci dicono.	1	5	4	4	1
Gli scienziati sono neutrali e oggettivi.	2	6	8	2	1
Le teorie scientifiche si sviluppano e cambiano sempre.	7	6	3	2	0

Tabella a12 – Valutazione dell'opinione, questionario uscita, domanda 1.

Quanto sei d'accordo con le affermazioni seguenti? Rispondi indicando il tuo grado di accordo per ciascuna affermazione. Se qualche affermazione non è per te chiara, non rispondere e passa alla successiva.	Totalmente d'accordo	Parzialmente d'accordo	Non so	Parzialmente in disaccordo	Totalmente in disaccordo
Lo studio della scienza è difficile.	2	8	3	6	3
La scienza che si studia a scuola è interessante.	9	9	2	1	0
La scienza che si studia a scuola è facile da capire.	1	11	5	3	1
Lo studio della scienza mi ha fatto capire che esistono cose da fare nuove e interessanti.	9	8	3	1	0
La scienza mi piace più di altre materie.	4	8	5	3	0
Credo che tutti dovrebbero studiare scienze a scuola.	11	7	3	0	0
Gli argomenti scientifici che imparo a scuola mi saranno utili per la mia vita di tutti i giorni.	2	11	7	1	0
Penso che la scienza che si studia a scuola migliorerà le mie possibilità di trovare un lavoro interessante.	7	8	3	3	0
Lo studio della scienza ha aumentato la mia curiosità sulle cose che non riusciamo ancora a spiegare.	11	7	3	0	0
La scienza che si studia a scuola mi ha mostrato l'importanza di questo argomento per la nostra vita.	3	12	5	1	0
Da grande vorrei diventare uno scienziato.	1	3	8	5	4
Scienza e tecnologia sono importanti per la società	15	4	2	0	0
Scienza e tecnologia ci permetteranno di trovare le cure per malattie come l'HIV/AIDS, il cancro, etc.	16	3	2	0	0
Scienza e tecnologia rendono la nostra vita più sicura, facile e confortevole.	3	13	4	1	0
I benefici prodotti dalla scienza sono maggiori degli effetti dannosi che potrebbe produrre.	2	7	10	2	0
Scienza e tecnologia possono risolvere quasi tutti i problemi.	1	9	9	2	0
Scienza e tecnologia sono la causa dei problemi ambientali.		8	4	8	0

Un paese non ha bisogno di scienza e tecnologia per svilupparsi.	0	1	2	8	9
La scienza e la tecnologia avvantaggiano principalmente i paesi più sviluppati.	9	6	4	1	0
Gli scienziati seguono il metodo scientifico, che li porta sempre a trovare le risposte corrette.	0	11	6	1	3
Dovremmo sempre aver fiducia di ciò che gli scienziati ci dicono.	0	3	5	9	4
Gli scienziati sono neutrali e oggettivi.	1	6	11	2	1
Le teorie scientifiche si sviluppano e cambiano sempre.	10	7	3	1	0

Numero studenti = 21

Tabella a13 – Valutazione dell’opinione, domanda 2: “Leggi la frase che segue e indica la risposta che meglio descrive quanto tu sia d’accordo o in disaccordo”

Roberta ha appena letto sul suo libro di scienze qualcosa che sembra in disaccordo con la sua esperienza di vita di tutti i giorni. Per imparare bene le discipline scientifiche, però, Roberta sa che non deve tener conto della sua esperienza personale ma accettare ciò che dice il libro.	Totalmente d'accordo	Parzialmente d'accordo	Non so	Parzialmente in disaccordo	Totalmente in disaccordo
Entrata	1	6	2	8	2
Uscita		2	3	8	4

Numero studenti = 19

Tabella a14 – Valutazione dell’opinione, domanda 3: “Come valuti la tua conoscenza delle nanotecnologie”

	Limitata	Né approfondita né limitata	Approfondita	Non so
Ingresso	9	7	0	3
Uscita	1	13	5	1

Numero studenti entrata = 19

Numero studenti uscita = 21

Tabella a15 – Valutazione dell’opinione, questionario in entrata, domanda 3: “Secondo te, che impatto avranno nel futuro le nanotecnologie riguardo a:”

	Negativo	Né positivo né negativo	Positivo	Non so
Il nostro modo di vivere	1	5	10	3
L’economia nazionale	1	6	8	4
L’ambiente	6	3	3	7
La tua salute e quella della tua famiglia	2	4	5	8
La sicurezza della nostra società	1	2	10	6
Le generazioni future	0	5	12	2

Numero studenti = 19

Tabella a16 – Valutazione dell’opinione, questionario in uscita, domanda 3: “Secondo te, che impatto avranno nel futuro le nanotecnologie riguardo a:”

	Negativo	Né positivo né negativo	Positivo	Non so
Il nostro modo di vivere	1	1	18	1
L’economia nazionale	1	5	13	2
L’ambiente	1	7	11	2
La tua salute e quella della tua famiglia	1	4	15	1
La sicurezza della nostra società	0	8	9	4
Le generazioni future	0	1	15	5

Numero studenti = 21

Tabella a17. – Valutazione dell’opinione, questionario entrata, domanda 1.

Quanto sei d'accordo con le affermazioni seguenti? Rispondi indicando il tuo grado di accordo per ciascuna affermazione. Se qualche affermazione non è per te chiara, non rispondere e passa alla successiva.	Totalmente d'accordo	Parzialmente d'accordo	Non so	Parzialmente in disaccordo	Totalmente in disaccordo
Lo studio della scienza è difficile.	3	8	1	18	1
La scienza che si studia a scuola è interessante.	10	11	1	0	1
La scienza che si studia a scuola è facile da capire.	2	9	2	12	0
Lo studio della scienza mi ha fatto capire che esistono cose da fare nuove e interessanti.	7	8	7	1	0
La scienza mi piace più di altre materie.	7	10	2	4	1
Credo che tutti dovrebbero studiare scienze a scuola.	12	6	4	1	0
Gli argomenti scientifici che imparo a scuola mi saranno utili per la mia vita di tutti i giorni.	3	6	7	6	1
Penso che la scienza che si studia a scuola migliorerà le mie possibilità di trovare un lavoro interessante.	9	9	3	2	0
Lo studio della scienza ha aumentato la mia curiosità sulle cose che non riusciamo ancora a spiegare.	10	11	1	1	0
La scienza che si studia a scuola mi ha mostrato l'importanza di questo argomento per la nostra vita.	10	11	1	1	0
Da grande vorrei diventare uno scienziato.	1	1	7	7	7
Scienza e tecnologia sono importanti per la società	14	7	1	1	0
Scienza e tecnologia ci permetteranno di trovare le cure per malattie come l'HIV/AIDS, il cancro, etc.	15	6	1	1	0
Scienza e tecnologia rendono la nostra vita più sicura, facile e confortevole.	4	12	5	2	0
I benefici prodotti dalla scienza sono maggiori degli effetti dannosi che potrebbe produrre.	2	9	11	1	0
Scienza e tecnologia possono	1	6	7	6	3

risolvere quasi tutti i problemi.					
Scienza e tecnologia sono la causa dei problemi ambientali.	1	8	6	7	0
Un paese non ha bisogno di scienza e tecnologia per svilupparsi.	3	1	0	8	11
La scienza e la tecnologia avvantaggiano principalmente i paesi più sviluppati.	5	9	4	4	0
Gli scienziati seguono il metodo scientifico, che li porta sempre a trovare le risposte corrette.	5	8	4	6	0
Dovremmo sempre aver fiducia di ciò che gli scienziati ci dicono.	0	6	6	13	2
Gli scienziati sono neutrali e oggettivi.	4	5	11	3	0
Le teorie scientifiche si sviluppano e cambiano sempre.	9	10	4	0	0

Numero studenti = 24

Tabella a18. – Valutazione dell'opinione, questionario in uscita, domanda 1.

Quanto sei d'accordo con le affermazioni seguenti? Rispondi indicando il tuo grado di accordo per ciascuna affermazione. Se qualche affermazione non è per te chiara, non rispondere e passa alla successiva.	Totalmente d'accordo	Parzialmente d'accordo	Non so	Parzialmente in disaccordo	Totalmente in disaccordo
Lo studio della scienza è difficile.	2	7	2	6	0
La scienza che si studia a scuola è interessante.	8	8	1	0	0
La scienza che si studia a scuola è facile da capire.	1	8	2	6	0
Lo studio della scienza mi ha fatto capire che esistono cose da fare nuove e interessanti.	11	6	0	0	0
La scienza mi piace più di altre materie.	4	5	4	3	1
Credo che tutti dovrebbero studiare scienze a scuola.	14	3	0	0	0
Gli argomenti scientifici che imparo a scuola mi saranno utili per la mia vita di tutti i giorni.	7	5	1	4	0
Penso che la scienza che si studia a scuola migliorerà le mie possibilità di trovare un lavoro interessante.	6	4	5	1	1
Lo studio della scienza ha aumentato la mia curiosità sulle cose che non riusciamo ancora a spiegare.	8	5	1	2	0
La scienza che si studia a scuola mi ha mostrato l'importanza di questo argomento per la nostra vita.	5	7	3	2	0
Da grande vorrei diventare uno scienziato.	2	1	9		5
Scienza e tecnologia sono importanti per la società	10	5	1	1	0
Scienza e tecnologia ci permetteranno di trovare le cure per malattie come l'HIV/AIDS, il cancro, etc.	14	1	2	0	0
Scienza e tecnologia rendono la nostra vita più sicura, facile e confortevole.	7	7	2	1	0
I benefici prodotti dalla scienza sono maggiori degli effetti dannosi che potrebbe produrre.	1	6	9	1	0
Scienza e tecnologia possono risolvere quasi tutti i problemi.	2	6	6	2	1
Scienza e tecnologia sono la causa dei problemi ambientali.	1	6	6	4	0

Un paese non ha bisogno di scienza e tecnologia per svilupparsi.	1	2	0	0	13
La scienza e la tecnologia avvantaggiano principalmente i paesi più sviluppati.	3	10	2	2	0
Gli scienziati seguono il metodo scientifico, che li porta sempre a trovare le risposte corrette.	4	7	3	3	0
Dovremmo sempre aver fiducia di ciò che gli scienziati ci dicono.	2	6	1	6	2
Gli scienziati sono neutrali e oggettivi.	1	8	5	2	1
Le teorie scientifiche si sviluppano e cambiano sempre.	7	9	1	0	0

Numero studenti = 22

Tabella a19 – Valutazione dell’opinione, domanda 2: “Leggi la frase che segue e indica la risposta che meglio descrive quanto tu sia d’accordo o in disaccordo”

Roberta ha appena letto sul suo libro di scienze qualcosa che sembra in disaccordo con la sua esperienza di vita di tutti i giorni. Per imparare bene le discipline scientifiche, però, Roberta sa che non deve tener conto della sua esperienza personale ma accettare ciò che dice il libro.	Totalmente d'accordo	Parzialmente d'accordo	Non so	Parzialmente in disaccordo	Totalmente in disaccordo
Entrata	0	6	2	11	4
Uscita	0	3	0	4	6

Numero studenti = 24

Tabella a20 – Valutazione dell’opinione, domanda 3: “Come valuti la tua conoscenza delle nanotecnologie”

	Limitata	Né approfondita né limitata	Approfondita	Non so
Ingresso	9	11	0	2
Uscita	1	16	3	0

Numero studenti entrata = 19

Numero studenti uscita = 21

Tabella a21 – Valutazione dell’opinione, questionario in entrata, domanda 3: “Secondo te, che impatto avranno nel futuro le nanotecnologie riguardo a:”

	Negativo	Né positivo né negativo	Positivo	Non so
Il nostro modo di vivere	1	4	16	2
L’economia nazionale	2	7	10	5
L’ambiente	10	7	2	3
La tua salute e quella della tua famiglia	4	6	8	4
La sicurezza della nostra società	3	5	8	5
Le generazioni future	1	3	9	10

Numero studenti = 24

Tabella a22 – Valutazione dell’opinione, questionario in uscita, domanda 3: “Secondo te, che impatto avranno nel futuro le nanotecnologie riguardo a:”

	Negativo	Né positivo né negativo	Positivo	Non so
Il nostro modo di vivere	0	2	16	1
L’economia nazionale	2	4	8	5
L’ambiente	3	7	3	6
La tua salute e quella della tua famiglia	0	2	16	1
La sicurezza della nostra società	0	1	14	4
Le generazioni future	0	2	16	1

Numero studenti = 22

Tabella a23. – Valutazione dell’opinione, questionario entrata, domanda 1.

Quanto sei d'accordo con le affermazioni seguenti? Rispondi indicando il tuo grado di accordo per ciascuna affermazione. Se qualche affermazione non è per te chiara, non rispondere e passa alla successiva.	Totalmente d'accordo	Parzialmente d'accordo	Non so	Parzialmente in disaccordo	Totalmente in disaccordo
Lo studio della scienza è difficile.	1	9	3	5	1
La scienza che si studia a scuola è interessante.	5	11	0	3	0
La scienza che si studia a scuola è facile da capire.	2	9	3	5	0
Lo studio della scienza mi ha fatto capire che esistono cose da fare nuove e interessanti.	9	6	3	1	0
La scienza mi piace più di altre materie.	6	6	5	2	0
Credo che tutti dovrebbero studiare scienze a scuola.	11	6	2	0	0
Gli argomenti scientifici che imparo a scuola mi saranno utili per la mia vita di tutti i giorni.	2	9	5	2	1
Penso che la scienza che si studia a scuola migliorerà le mie possibilità di trovare un lavoro interessante.	8	4	4	2	1
Lo studio della scienza ha aumentato la mia curiosità sulle cose che non riusciamo ancora a spiegare.	8	9	1	1	0
La scienza che si studia a scuola mi ha mostrato l'importanza di questo argomento per la nostra vita.	3	9	5	0	2
Da grande vorrei diventare uno scienziato.	1	1	9	3	5
Scienza e tecnologia sono importanti per la società	14	2	1	0	1
Scienza e tecnologia ci permetteranno di trovare le cure per malattie come l'HIV/AIDS, il cancro, etc.	15	3	0	1	0
Scienza e tecnologia rendono la nostra vita più sicura, facile e confortevole.	9	6	1	3	0
I benefici prodotti dalla scienza sono maggiori degli effetti dannosi che potrebbe produrre.	1	5	10	2	0
Scienza e tecnologia possono	2	5	3	9	0

risolvere quasi tutti i problemi.					
Scienza e tecnologia sono la causa dei problemi ambientali.	0	7	2	7	1
Un paese non ha bisogno di scienza e tecnologia per svilupparsi.	2	1	0	2	14
La scienza e la tecnologia avvantaggiano principalmente i paesi più sviluppati.	4	8	1	3	1
Gli scienziati seguono il metodo scientifico, che li porta sempre a trovare le risposte corrette.	0	5	6	7	1
Dovremmo sempre aver fiducia di ciò che gli scienziati ci dicono.	0	3	3	11	2
Gli scienziati sono neutrali e oggettivi.	3	2	6	6	1
Le teorie scientifiche si sviluppano e cambiano sempre.	8	11	0	0	0

Numero studenti = 19

Tabella a24. – Valutazione dell’opinione, questionario in uscita, domanda 1.

Quanto sei d’accordo con le affermazioni seguenti? Rispondi indicando il tuo grado di accordo per ciascuna affermazione. Se qualche affermazione non è per te chiara, non rispondere e passa alla successiva.	Totalmente d'accordo	Parzialmente d'accordo	Non so	Parzialmente in disaccordo	Totalmente in disaccordo
Lo studio della scienza è difficile.	2	8	3	6	3
La scienza che si studia a scuola è interessante.	9	9	2	1	0
La scienza che si studia a scuola è facile da capire.	1	11	5	3	1
Lo studio della scienza mi ha fatto capire che esistono cose da fare nuove e interessanti.	9	8	3	1	0
La scienza mi piace più di altre materie.	4	8	5	3	0
Credo che tutti dovrebbero studiare scienze a scuola.	11	7	3	0	0
Gli argomenti scientifici che imparo a scuola mi saranno utili per la mia vita di tutti i giorni.	2	11	7	1	0
Penso che la scienza che si studia a scuola migliorerà le mie possibilità di trovare un lavoro interessante.	7	8	3	3	0
Lo studio della scienza ha aumentato la mia curiosità sulle cose che non riusciamo ancora a spiegare.	11	7	3	0	0
La scienza che si studia a scuola mi ha mostrato l’importanza di questo argomento per la nostra vita.	3	12	5	1	0
Da grande vorrei diventare uno scienziato.	1	3	8	5	4
Scienza e tecnologia sono importanti per la società	15	4	2	0	0
Scienza e tecnologia ci permetteranno di trovare le cure per malattie come l’HIV/AIDS, il cancro, etc.	16	3	2	0	0
Scienza e tecnologia rendono la nostra vita più sicura, facile e confortevole.	3	13	4	1	0
I benefici prodotti dalla scienza sono maggiori degli effetti dannosi che potrebbe produrre.	2	7	10	2	0
Scienza e tecnologia possono risolvere quasi tutti i problemi.	1	9	9	2	0
Scienza e tecnologia sono la causa dei problemi ambientali.		8	4	8	

Un paese non ha bisogno di scienza e tecnologia per svilupparsi.	0	1	2	8	9
La scienza e la tecnologia avvantaggiano principalmente i paesi più sviluppati.	9	6	4	1	0
Gli scienziati seguono il metodo scientifico, che li porta sempre a trovare le risposte corrette.	0	11	6	1	3
Dovremmo sempre aver fiducia di ciò che gli scienziati ci dicono.	0	3	5	9	4
Gli scienziati sono neutrali e oggettivi.	1	6	11	2	1
Le teorie scientifiche si sviluppano e cambiano sempre.	10	7	3	1	0

Numero studenti = 19

Tabella a25 – Valutazione dell’opinione, domanda 2: “Leggi la frase che segue e indica la risposta che meglio descrive quanto tu sia d’accordo o in disaccordo”

Roberta ha appena letto sul suo libro di scienze qualcosa che sembra in disaccordo con la sua esperienza di vita di tutti i giorni. Per imparare bene le discipline scientifiche, però, Roberta sa che non deve tener conto della sua esperienza personale ma accettare ciò che dice il libro.	Totalmente d'accordo	Parzialmente d'accordo	Non so	Parzialmente in disaccordo	Totalmente in disaccordo
Entrata	1	3	1	5	2
Uscita		2	3	8	4

Numero studenti in entrata = 19

Numero studenti in uscita = 19

Tabella a26 – Valutazione dell’opinione, domanda 3: “Come valuti la tua conoscenza delle nanotecnologie”

	Limitata	Né approfondita né limitata	Approfondita	Non so
Ingresso	4	4	1	10
Uscita	1	13	5	1

Numero studenti entrata = 19

Numero studenti uscita = 19

Tabella a27 – Valutazione dell’opinione, questionario in entrata, domanda 3: “Secondo te, che impatto avranno nel futuro le nanotecnologie riguardo a:”

	Negativo	Né positivo né negativo	Positivo	Non so
Il nostro modo di vivere	0	1	9	8
L’economia nazionale	1	3	2	12
L’ambiente	6	4	1	7
La tua salute e quella della tua famiglia	1	2	7	7
La sicurezza della nostra società	1	4	4	9
Le generazioni future	2	1	7	8

Numero studenti = 19

Tabella a28 – Valutazione dell’opinione, questionario in uscita, domanda 3: “Secondo te, che impatto avranno nel futuro le nanotecnologie riguardo a:”

	Negativo	Né positivo né negativo	Positivo	Non so
Il nostro modo di vivere	1	1	18	1
L’economia nazionale	1	5	13	2
L’ambiente	1	7	11	2
La tua salute e quella della tua famiglia	1	4	15	1
La sicurezza della nostra società	0	8	9	4
Le generazioni future	0	1	15	5

Numero studenti = 19

Classe 1B

Tabella a29. – Valutazione dell'opinione, questionario entrata, domanda 1.

Quanto sei d'accordo con le affermazioni seguenti? Rispondi indicando il tuo grado di accordo per ciascuna affermazione. Se qualche affermazione non è per te chiara, non rispondere e passa alla successiva.	Totalmente d'accordo	Parzialmente d'accordo	Non so	Parzialmente in disaccordo	Totalmente in disaccordo
Lo studio della scienza è difficile.	3	7	2	6	4
La scienza che si studia a scuola è interessante.	5	6	0	1	1
La scienza che si studia a scuola è facile da capire.	3	10	4	5	0
Lo studio della scienza mi ha fatto capire che esistono cose da fare nuove e interessanti.	13	5	2	2	0
La scienza mi piace più di altre materie.	5	5	2	6	4
Credo che tutti dovrebbero studiare scienze a scuola.	10	5	3	3	1
Gli argomenti scientifici che imparo a scuola mi saranno utili per la mia vita di tutti i giorni.	9	7	4	0	2
Penso che la scienza che si studia a scuola migliorerà le mie possibilità di trovare un lavoro interessante.	6	6	6	3	1
Lo studio della scienza ha aumentato la mia curiosità sulle cose che non riusciamo ancora a spiegare.	15	4	1	1	1
La scienza che si studia a scuola mi ha mostrato l'importanza di questo argomento per la nostra vita.	7	5	8	1	1
Da grande vorrei diventare uno scienziato.	4	3	7	0	8
Scienza e tecnologia sono importanti per la società	10	5	4	3	0
Scienza e tecnologia ci permetteranno di trovare le cure per malattie come l'HIV/AIDS, il cancro, etc.	13	5	3	1	0
Scienza e tecnologia rendono la nostra vita più sicura, facile e confortevole.	4	11	4	2	1
I benefici prodotti dalla scienza sono maggiori degli effetti dannosi che potrebbe produrre.	4	0	11	6	1
Scienza e tecnologia possono	3	9	4	5	1

risolvere quasi tutti i problemi.					
Scienza e tecnologia sono la causa dei problemi ambientali.	2	6	2	7	5
Un paese non ha bisogno di scienza e tecnologia per svilupparsi.	4	1	2	7	8
La scienza e la tecnologia avvantaggiano principalmente i paesi più sviluppati.	11	6	3	1	1
Gli scienziati seguono il metodo scientifico, che li porta sempre a trovare le risposte corrette.	5	6	9	1	1
Dovremmo sempre aver fiducia di ciò che gli scienziati ci dicono.	4	7	5	6	0
Gli scienziati sono neutrali e oggettivi.	4	6	10	1	1
Le teorie scientifiche si sviluppano e cambiano sempre.	5	10	6	0	1

Numero studenti = 22

Tabella a30. – Valutazione dell’opinione, questionario in uscita, domanda 1.

Quanto sei d’accordo con le affermazioni seguenti? Rispondi indicando il tuo grado di accordo per ciascuna affermazione. Se qualche affermazione non è per te chiara, non rispondere e passa alla successiva.	Totalmente d'accordo	Parzialmente d'accordo	Non so	Parzialmente in disaccordo	Totalmente in disaccordo
Lo studio della scienza è difficile.	2	6	0	7	2
La scienza che si studia a scuola è interessante.	14	3	0	0	0
La scienza che si studia a scuola è facile da capire.	3	11	2	1	0
Lo studio della scienza mi ha fatto capire che esistono cose da fare nuove e interessanti.	12	3	0	2	0
La scienza mi piace più di altre materie.	5	1	2	4	5
Credo che tutti dovrebbero studiare scienze a scuola.	7	6	2	1	1
Gli argomenti scientifici che imparo a scuola mi saranno utili per la mia vita di tutti i giorni.	7	6	3	1	0
Penso che la scienza che si studia a scuola migliorerà le mie possibilità di trovare un lavoro interessante.	9	2	3	2	1
Lo studio della scienza ha aumentato la mia curiosità sulle cose che non riusciamo ancora a spiegare.	10	5	0	2	0
La scienza che si studia a scuola mi ha mostrato l’importanza di questo argomento per la nostra vita.	6	5	5	1	0
Da grande vorrei diventare uno scienziato.	2	1	7	2	5
Scienza e tecnologia sono importanti per la società	10	6	1	0	0
Scienza e tecnologia ci permetteranno di trovare le cure per malattie come l’HIV/AIDS, il cancro, etc.	12	5	0	0	0
Scienza e tecnologia rendono la nostra vita più sicura, facile e confortevole.	9	5	3	0	0
I benefici prodotti dalla scienza sono maggiori degli effetti dannosi che potrebbe produrre.	3	7	5	2	0
Scienza e tecnologia possono risolvere quasi tutti i problemi.	2	5	5	3	2
Scienza e tecnologia sono la causa dei problemi ambientali.	1	6	6	1	3

Un paese non ha bisogno di scienza e tecnologia per svilupparsi.	2	1	1	7	6
La scienza e la tecnologia avvantaggiano principalmente i paesi più sviluppati.	6	8	3	0	0
Gli scienziati seguono il metodo scientifico, che li porta sempre a trovare le risposte corrette.	4	5	7	1	0
Dovremmo sempre aver fiducia di ciò che gli scienziati ci dicono.	0	3	9	3	2
Gli scienziati sono neutrali e oggettivi.	2	4	11	0	0
Le teorie scientifiche si sviluppano e cambiano sempre.	4	8	5	0	0

Numero studenti = 19

Tabella a31 – Valutazione dell'opinione, domanda 2: “Leggi la frase che segue e indica la risposta che meglio descrive quanto tu sia d'accordo o in disaccordo”

Roberta ha appena letto sul suo libro di scienze qualcosa che sembra in disaccordo con la sua esperienza di vita di tutti i giorni. Per imparare bene le discipline scientifiche, però, Roberta sa che non deve tener conto della sua esperienza personale ma accettare ciò che dice il libro.	Totalmente d'accordo	Parzialmente d'accordo	Non so	Parzialmente in disaccordo	Totalmente in disaccordo
Entrata	1	10	3	5	1
Uscita		5	1	7	3

Numero studenti in entrata = 22

Numero studenti in uscita = 19

Tabella a32 – Valutazione dell’opinione, domanda 3: “Come valuti la tua conoscenza delle nanotecnologie”

	Limitata	Né approfondita né limitata	Approfondita	Non so
Ingresso	7	4	0	11
Uscita	2	10	5	0

Numero studenti entrata = 22

Numero studenti uscita = 19

Tabella a33 – Valutazione dell’opinione, questionario in entrata, domanda 3: “Secondo te, che impatto avranno nel futuro le nanotecnologie riguardo a:”

	Negativo	Né positivo né negativo	Positivo	Non so
Il nostro modo di vivere	0	6	11	5
L’economia nazionale	2	6	5	9
L’ambiente	7	4	2	9
La tua salute e quella della tua famiglia	1	4	8	9
La sicurezza della nostra società	1	5	8	8
Le generazioni future	2	5	7	8

Numero studenti = 22

Tabella a34 – Valutazione dell’opinione, questionario in uscita, domanda 3: “Secondo te, che impatto avranno nel futuro le nanotecnologie riguardo a:”

	Negativo	Né positivo né negativo	Positivo	Non so
Il nostro modo di vivere	0	6	10	1
L’economia nazionale	2	4	4	7
L’ambiente	1	5	9	2
La tua salute e quella della tua famiglia	0	2	12	3
La sicurezza della nostra società	1	2	11	3
Le generazioni future	1	3	9	4

Numero studenti = 19

Tabella a35. – Valutazione dell'opinione, questionario entrata, domanda 1.

Quanto sei d'accordo con le affermazioni seguenti? Rispondi indicando il tuo grado di accordo per ciascuna affermazione. Se qualche affermazione non è per te chiara, non rispondere e passa alla successiva.	Totalmente d'accordo	Parzialmente d'accordo	Non so	Parzialmente in disaccordo	Totalmente in disaccordo
Lo studio della scienza è difficile.	2	5	0	10	2
La scienza che si studia a scuola è interessante.	7	10	0	2	0
La scienza che si studia a scuola è facile da capire.	3	12	2	2	0
Lo studio della scienza mi ha fatto capire che esistono cose da fare nuove e interessanti.	12	1	4	2	0
La scienza mi piace più di altre materie.	3	6	0	8	2
Credo che tutti dovrebbero studiare scienze a scuola.	12	2	1	2	1
Gli argomenti scientifici che imparo a scuola mi saranno utili per la mia vita di tutti i giorni.	4	12	3	0	0
Penso che la scienza che si studia a scuola migliorerà le mie possibilità di trovare un lavoro interessante.	3	8	5	3	0
Lo studio della scienza ha aumentato la mia curiosità sulle cose che non riusciamo ancora a spiegare.	12	5	1	1	0
La scienza che si studia a scuola mi ha mostrato l'importanza di questo argomento per la nostra vita.	3	9	3	4	0
Da grande vorrei diventare uno scienziato.	0	4	2	2	11
Scienza e tecnologia sono importanti per la società	9	8	2	0	0
Scienza e tecnologia ci permetteranno di trovare le cure per malattie come l'HIV/AIDS, il cancro, etc.	18	0	1	0	0
Scienza e tecnologia rendono la nostra vita più sicura, facile e confortevole.	4	9	4	2	0
I benefici prodotti dalla scienza sono maggiori degli effetti dannosi che potrebbe produrre.	2	8	8	1	0
Scienza e tecnologia possono	3	7	2	6	0

risolvere quasi tutti i problemi.					
Scienza e tecnologia sono la causa dei problemi ambientali.	1	10	1	5	2
Un paese non ha bisogno di scienza e tecnologia per svilupparsi.	1	2	2	5	9
La scienza e la tecnologia avvantaggiano principalmente i paesi più sviluppati.	7	8	1	3	0
Gli scienziati seguono il metodo scientifico, che li porta sempre a trovare le risposte corrette.	7	4	3	3	1
Dovremmo sempre aver fiducia di ciò che gli scienziati ci dicono.	0	3	4	8	4
Gli scienziati sono neutrali e oggettivi.	1	6	11	1	0
Le teorie scientifiche si sviluppano e cambiano sempre.	9	6	4	0	0

Numero studenti = 21

Tabella a36. – Valutazione dell'opinione, questionario in uscita, domanda 1.

Quanto sei d'accordo con le affermazioni seguenti? Rispondi indicando il tuo grado di accordo per ciascuna affermazione. Se qualche affermazione non è per te chiara, non rispondere e passa alla successiva.	Totalmente d'accordo	Parzialmente d'accordo	Non so	Parzialmente in disaccordo	Totalmente in disaccordo
Lo studio della scienza è difficile.	2	8	5	5	2
La scienza che si studia a scuola è interessante.	9	8	2	3	0
La scienza che si studia a scuola è facile da capire.	3	13	2	3	1
Lo studio della scienza mi ha fatto capire che esistono cose da fare nuove e interessanti.	13	5	1	3	0
La scienza mi piace più di altre materie.	6	5	5	5	2
Credo che tutti dovrebbero studiare scienze a scuola.	8	6	3	4	1
Gli argomenti scientifici che imparo a scuola mi saranno utili per la mia vita di tutti i giorni.	5	11	4	0	2
Penso che la scienza che si studia a scuola migliorerà le mie possibilità di trovare un lavoro interessante.	7	10	2	3	0
Lo studio della scienza ha aumentato la mia curiosità sulle cose che non riusciamo ancora a spiegare.	5	10	5	2	0
La scienza che si studia a scuola mi ha mostrato l'importanza di questo argomento per la nostra vita.	3	11	2	4	1
Da grande vorrei diventare uno scienziato.	4	6	3	3	6
Scienza e tecnologia sono importanti per la società	7	7	3	2	2
Scienza e tecnologia ci permetteranno di trovare le cure per malattie come l'HIV/AIDS, il cancro, etc.	14	2	3	1	1
Scienza e tecnologia rendono la nostra vita più sicura, facile e confortevole.	7	6	5	1	2
I benefici prodotti dalla scienza sono maggiori degli effetti dannosi che potrebbe produrre.	1	9	7	3	0
Scienza e tecnologia possono risolvere quasi tutti i problemi.	3	7	5	4	2
Scienza e tecnologia sono la causa dei problemi ambientali.	0	9	8	3	1

Un paese non ha bisogno di scienza e tecnologia per svilupparsi.	1	2	4	9	6
La scienza e la tecnologia avvantaggiano principalmente i paesi più sviluppati.	5	6	5	5	0
Gli scienziati seguono il metodo scientifico, che li porta sempre a trovare le risposte corrette.	3	10	5	2	1
Dovremmo sempre aver fiducia di ciò che gli scienziati ci dicono.	3	4	8	4	2
Gli scienziati sono neutrali e oggettivi.	0	5	4	1	1
Le teorie scientifiche si sviluppano e cambiano sempre.	2	10	0	3	0

Numero studenti = 24

Tabella a37 – Valutazione dell’opinione, domanda 2: “Leggi la frase che segue e indica la risposta che meglio descrive quanto tu sia d’accordo o in disaccordo”

Roberta ha appena letto sul suo libro di scienze qualcosa che sembra in disaccordo con la sua esperienza di vita di tutti i giorni. Per imparare bene le discipline scientifiche, però, Roberta sa che non deve tener conto della sua esperienza personale ma accettare ciò che dice il libro.	Totalmente d'accordo	Parzialmente d'accordo	Non so	Parzialmente in disaccordo	Totalmente in disaccordo
Entrata	1	2	2	10	3
Uscita	0	11	2	5	2

Numero studenti in entrata = 21

Numero studenti in uscita = 24

Tabella a38 – Valutazione dell’opinione, domanda 3: “Come valuti la tua conoscenza delle nanotecnologie”

	Limitata	Né approfondita né limitata	Approfondita	Non so
Ingresso	2	9	2	6
Uscita	2	12	7	3

Numero studenti entrata = 21

Numero studenti uscita = 24

Tabella a39 – Valutazione dell’opinione, questionario in entrata, domanda 3: “Secondo te, che impatto avranno nel futuro le nanotecnologie riguardo a:”

	Negativo	Né positivo né negativo	Positivo	Non so
Il nostro modo di vivere	0	6	12	1
L’economia nazionale	1	4	6	8
L’ambiente	10	2	5	2
La tua salute e quella della tua famiglia	4	3	7	5
La sicurezza della nostra società	1	8	7	3
Le generazioni future	2	4	10	3

Numero studenti = 21

Tabella a40 – Valutazione dell’opinione, questionario in uscita, domanda 3: “Secondo te, che impatto avranno nel futuro le nanotecnologie riguardo a:”

	Negativo	Né positivo né negativo	Positivo	Non so
Il nostro modo di vivere	0	2	21	
L’economia nazionale	0	8	14	1
L’ambiente	3	8	7	5
La tua salute e quella della tua famiglia	1	7	12	3
La sicurezza della nostra società	1	6	5	11
Le generazioni future	2	3	16	2

Numero studenti = 24

Classe 1H

Tabella a41. – Valutazione dell'opinione, questionario entrata, domanda 1.

Quanto sei d'accordo con le affermazioni seguenti? Rispondi indicando il tuo grado di accordo per ciascuna affermazione. Se qualche affermazione non è per te chiara, non rispondere e passa alla successiva.	Totalmente d'accordo	Parzialmente d'accordo	Non so	Parzialmente in disaccordo	Totalmente in disaccordo
Lo studio della scienza è difficile.	0	10	7	7	1
La scienza che si studia a scuola è interessante.	7	15	0	3	0
La scienza che si studia a scuola è facile da capire.	2	16	3	3	1
Lo studio della scienza mi ha fatto capire che esistono cose da fare nuove e interessanti.	17	4	3	1	0
La scienza mi piace più di altre materie.	2	4	4	10	5
Credo che tutti dovrebbero studiare scienze a scuola.	7	6	9	2	0
Gli argomenti scientifici che imparo a scuola mi saranno utili per la mia vita di tutti i giorni.	5	6	12	1	1
Penso che la scienza che si studia a scuola migliorerà le mie possibilità di trovare un lavoro interessante.	6	4	10	5	1
Lo studio della scienza ha aumentato la mia curiosità sulle cose che non riusciamo ancora a spiegare.	11	13	1	0	0
La scienza che si studia a scuola mi ha mostrato l'importanza di questo argomento per la nostra vita.	6	8	6	3	0
Da grande vorrei diventare uno scienziato.	0	0	3	4	18
Scienza e tecnologia sono importanti per la società	14	6	4	1	0
Scienza e tecnologia ci permetteranno di trovare le cure per malattie come l'HIV/AIDS, il cancro, etc.	16	4	6	0	0
Scienza e tecnologia rendono la nostra vita più sicura, facile e confortevole.	8	11	2	4	0
I benefici prodotti dalla scienza sono maggiori degli effetti dannosi che potrebbe produrre.	0	10	12	2	0
Scienza e tecnologia possono	5	12	4	4	0

risolvere quasi tutti i problemi.					
Scienza e tecnologia sono la causa dei problemi ambientali.	4	5	7	5	3
Un paese non ha bisogno di scienza e tecnologia per svilupparsi.	0	3	1	7	14
La scienza e la tecnologia avvantaggiano principalmente i paesi più sviluppati.	15	7	1	2	0
Gli scienziati seguono il metodo scientifico, che li porta sempre a trovare le risposte corrette.	5	5	10	3	2
Dovremmo sempre aver fiducia di ciò che gli scienziati ci dicono.	0	6	6	8	5
Gli scienziati sono neutrali e oggettivi.	4	8	11	1	0
Le teorie scientifiche si sviluppano e cambiano sempre.	6	11	6	1	1

Numero studenti = 22

Tabella a42. – Valutazione dell’opinione, questionario in uscita, domanda 1.

Quanto sei d’accordo con le affermazioni seguenti? Rispondi indicando il tuo grado di accordo per ciascuna affermazione. Se qualche affermazione non è per te chiara, non rispondere e passa alla successiva.	Totalmente d'accordo	Parzialmente d'accordo	Non so	Parzialmente in disaccordo	Totalmente in disaccordo
Lo studio della scienza è difficile.	1	11	4	5	2
La scienza che si studia a scuola è interessante.	10	9	1	2	1
La scienza che si studia a scuola è facile da capire.	7	9	0	6	1
Lo studio della scienza mi ha fatto capire che esistono cose da fare nuove e interessanti.	15	8	0	0	0
La scienza mi piace più di altre materie.	1	4	6	7	5
Credo che tutti dovrebbero studiare scienze a scuola.	11	7	2	2	1
Gli argomenti scientifici che imparo a scuola mi saranno utili per la mia vita di tutti i giorni.	5	7	9	1	1
Penso che la scienza che si studia a scuola migliorerà le mie possibilità di trovare un lavoro interessante.	6	7	5	4	1
Lo studio della scienza ha aumentato la mia curiosità sulle cose che non riusciamo ancora a spiegare.	12	6	3	1	1
La scienza che si studia a scuola mi ha mostrato l’importanza di questo argomento per la nostra vita.	5	14	2	2	0
Da grande vorrei diventare uno scienziato.	1	1	5	6	10
Scienza e tecnologia sono importanti per la società	11	8	3	1	0
Scienza e tecnologia ci permetteranno di trovare le cure per malattie come l’HIV/AIDS, il cancro, etc.	19	2	2	0	0
Scienza e tecnologia rendono la nostra vita più sicura, facile e confortevole.	9	7	5	2	0
I benefici prodotti dalla scienza sono maggiori degli effetti dannosi che potrebbe produrre.	7	4	7	5	0
Scienza e tecnologia possono risolvere quasi tutti i problemi.	4	7	9	3	0
Scienza e tecnologia sono la causa dei problemi ambientali.	2	7	5	5	4

Un paese non ha bisogno di scienza e tecnologia per svilupparsi.	2	2	3	4	10
La scienza e la tecnologia avvantaggiano principalmente i paesi più sviluppati.	11	11	1	0	0
Gli scienziati seguono il metodo scientifico, che li porta sempre a trovare le risposte corrette.	4	5	10	3	1
Dovremmo sempre aver fiducia di ciò che gli scienziati ci dicono.	1	3	12	5	2
Gli scienziati sono neutrali e oggettivi.	0	6	5	5	0
Le teorie scientifiche si sviluppano e cambiano sempre.	3	9	4	1	0

Numero studenti = 23

Tabella a43 – Valutazione dell’opinione, domanda 2: “Leggi la frase che segue e indica la risposta che meglio descrive quanto tu sia d’accordo o in disaccordo”

Roberta ha appena letto sul suo libro di scienze qualcosa che sembra in disaccordo con la sua esperienza di vita di tutti i giorni. Per imparare bene le discipline scientifiche, però, Roberta sa che non deve tener conto della sua esperienza personale ma accettare ciò che dice il libro.	Totalmente d'accordo	Parzialmente d'accordo	Non so	Parzialmente in disaccordo	Totalmente in disaccordo
Entrata	0	9	3	6	4
Uscita	0	8	1	3	8

Numero studenti in entrata = 22

Numero studenti in uscita = 23

Tabella a44 – Valutazione dell’opinione, domanda 3: “Come valuti la tua conoscenza delle nanotecnologie”

	Limitata	Né approfondita né limitata	Approfondita	Non so
Ingresso	2	14	3	6
Uscita	3	10	8	2

Numero studenti entrata = 22

Numero studenti uscita = 23

Tabella a45 – Valutazione dell’opinione, questionario in entrata, domanda 3: “Secondo te, che impatto avranno nel futuro le nanotecnologie riguardo a:”

	Negativo	Né positivo né negativo	Positivo	Non so
Il nostro modo di vivere	5	5	9	6
L’economia nazionale	4	7	9	5
L’ambiente	13	3	3	6
La tua salute e quella della tua famiglia	1	6	7	11
La sicurezza della nostra società	0	7	11	7
Le generazioni future	5	4	3	1

Numero studenti = 22

Tabella a46 – Valutazione dell’opinione, questionario in uscita, domanda 3: “Secondo te, che impatto avranno nel futuro le nanotecnologie riguardo a:”

	Negativo	Né positivo né negativo	Positivo	Non so
Il nostro modo di vivere	0	2	18	2
L’economia nazionale	0	2	15	6
L’ambiente	3	7	10	2
La tua salute e quella della tua famiglia	0	3	17	3
La sicurezza della nostra società	3	3	12	4
Le generazioni future	4	2	14	3

Numero studenti = 23

Tabella a47. – Valutazione dell'opinione, questionario entrata, domanda 1.

Quanto sei d'accordo con le affermazioni seguenti? Rispondi indicando il tuo grado di accordo per ciascuna affermazione. Se qualche affermazione non è per te chiara, non rispondere e passa alla successiva.	Totalmente d'accordo	Parzialmente d'accordo	Non so	Parzialmente in disaccordo	Totalmente in disaccordo
Lo studio della scienza è difficile.	1	9	0	13	0
La scienza che si studia a scuola è interessante.	8	12	1	1	0
La scienza che si studia a scuola è facile da capire.	1	12	3	7	0
Lo studio della scienza mi ha fatto capire che esistono cose da fare nuove e interessanti.	12	7	2	2	0
La scienza mi piace più di altre materie.	7	8	4	4	0
Credo che tutti dovrebbero studiare scienze a scuola.	13	6	2	2	0
Gli argomenti scientifici che imparo a scuola mi saranno utili per la mia vita di tutti i giorni.	5	16	1	1	0
Penso che la scienza che si studia a scuola migliorerà le mie possibilità di trovare un lavoro interessante.	11	7	5	0	0
Lo studio della scienza ha aumentato la mia curiosità sulle cose che non riusciamo ancora a spiegare.	13	5	3	2	0
La scienza che si studia a scuola mi ha mostrato l'importanza di questo argomento per la nostra vita.	5	11	4	2	1
Da grande vorrei diventare uno scienziato.	2	2	3	5	10
Scienza e tecnologia sono importanti per la società	15	7	1	0	0
Scienza e tecnologia ci permetteranno di trovare le cure per malattie come l'HIV/AIDS, il cancro, etc.	15	4	2	1	1
Scienza e tecnologia rendono la nostra vita più sicura, facile e confortevole.	6	11	3	2	1
I benefici prodotti dalla scienza sono maggiori degli effetti dannosi che potrebbe produrre.	1	9	4	8	1
Scienza e tecnologia possono	1	6	3	8	5

risolvere quasi tutti i problemi.					
Scienza e tecnologia sono la causa dei problemi ambientali.	2	10	2	6	3
Un paese non ha bisogno di scienza e tecnologia per svilupparsi.	0	1	0	6	16
La scienza e la tecnologia avvantaggiano principalmente i paesi più sviluppati.	5	12	3	3	0
Gli scienziati seguono il metodo scientifico, che li porta sempre a trovare le risposte corrette.	2	6	7	6	2
Dovremmo sempre aver fiducia di ciò che gli scienziati ci dicono.	1	4	4	10	4
Gli scienziati sono neutrali e oggettivi.	4	9	4	1	5
Le teorie scientifiche si sviluppano e cambiano sempre.	16	5	1	0	1

Numero studenti = 27

Tabella a48. – Valutazione dell'opinione, questionario in uscita, domanda 1.

Quanto sei d'accordo con le affermazioni seguenti? Rispondi indicando il tuo grado di accordo per ciascuna affermazione. Se qualche affermazione non è per te chiara, non rispondere e passa alla successiva.	Totalmente d'accordo	Parzialmente d'accordo	Non so	Parzialmente in disaccordo	Totalmente in disaccordo
Lo studio della scienza è difficile.	1	7	1	13	1
La scienza che si studia a scuola è interessante.	8	13		1	1
La scienza che si studia a scuola è facile da capire.	0	13	3	7	0
Lo studio della scienza mi ha fatto capire che esistono cose da fare nuove e interessanti.	10	7	4	0	1
La scienza mi piace più di altre materie.	5	9	3	3	1
Credo che tutti dovrebbero studiare scienze a scuola.	13	4	2	2	1
Gli argomenti scientifici che imparo a scuola mi saranno utili per la mia vita di tutti i giorni.	7	9	3	2	1
Penso che la scienza che si studia a scuola migliorerà le mie possibilità di trovare un lavoro interessante.	9	8	3	2	0
Lo studio della scienza ha aumentato la mia curiosità sulle cose che non riusciamo ancora a spiegare.	12	7	2	1	0
La scienza che si studia a scuola mi ha mostrato l'importanza di questo argomento per la nostra vita.	11	7	1	2	1
Da grande vorrei diventare uno scienziato.	5	2	5	6	4
Scienza e tecnologia sono importanti per la società	17	3	1	0	1
Scienza e tecnologia ci permetteranno di trovare le cure per malattie come l'HIV/AIDS, il cancro, etc.	18	1	1	0	2
Scienza e tecnologia rendono la nostra vita più sicura, facile e confortevole.	9	8	2	3	0
I benefici prodotti dalla scienza sono maggiori degli effetti dannosi che potrebbe produrre.	1	11	7	3	0
Scienza e tecnologia possono risolvere quasi tutti i problemi.	0	13	2	5	2
Scienza e tecnologia sono la causa dei problemi ambientali.	1	7	1	11	2

Un paese non ha bisogno di scienza e tecnologia per svilupparsi.	1	0	1	5	14
La scienza e la tecnologia avvantaggiano principalmente i paesi più sviluppati.	5	13	1	2	0
Gli scienziati seguono il metodo scientifico, che li porta sempre a trovare le risposte corrette.	4	6	3	4	5
Dovremmo sempre aver fiducia di ciò che gli scienziati ci dicono.	0	5	5	11	1
Gli scienziati sono neutrali e oggettivi.	6	4	5	4	1
Le teorie scientifiche si sviluppano e cambiano sempre.	16	4	0	0	2

Numero studenti = 23

Tabella a49 – Valutazione dell’opinione, domanda 2: “Leggi la frase che segue e indica la risposta che meglio descrive quanto tu sia d’accordo o in disaccordo”

Roberta ha appena letto sul suo libro di scienze qualcosa che sembra in disaccordo con la sua esperienza di vita di tutti i giorni. Per imparare bene le discipline scientifiche, però, Roberta sa che non deve tener conto della sua esperienza personale ma accettare ciò che dice il libro.	Totalmente d'accordo	Parzialmente d'accordo	Non so	Parzialmente in disaccordo	Totalmente in disaccordo
Entrata	0	2	2	11	4
Uscita	0	4	2	8	0

Numero studenti in entrata = 27

Numero studenti in uscita = 23

Tabella a50 – Valutazione dell’opinione, domanda 3: “Come valuti la tua conoscenza delle nanotecnologie”

	Limitata	Né approfondita né limitata	Approfondita	Non so
Ingresso	12	5		5
Uscita		16	5	

Numero studenti entrata = 27

Numero studenti uscita = 23

Tabella a51 – Valutazione dell’opinione, questionario in entrata, domanda 3: “Secondo te, che impatto avranno nel futuro le nanotecnologie riguardo a:”

	Negativo	Né positivo né negativo	Positivo	Non so
Il nostro modo di vivere	1	3	15	4
L’economia nazionale	0	3	9	11
L’ambiente	5	4	5	9
La tua salute e quella della tua famiglia	2	4	8	9
La sicurezza della nostra società	4	5	5	9
Le generazioni future	3	2	12	6

Numero studenti = 27

Tabella a52 – Valutazione dell’opinione, questionario in uscita, domanda 3: “Secondo te, che impatto avranno nel futuro le nanotecnologie riguardo a:”

	Negativo	Né positivo né negativo	Positivo	Non so
Il nostro modo di vivere	0	1	21	1
L’economia nazionale	5	4	8	6
L’ambiente	2	3	16	2
La tua salute e quella della tua famiglia	0	5	14	4
La sicurezza della nostra società	0	4	10	9
Le generazioni future	0	2	19	2

Numero studenti = 23

Tabella a53. – Valutazione dell'opinione, questionario entrata, domanda 1.

Quanto sei d'accordo con le affermazioni seguenti? Rispondi indicando il tuo grado di accordo per ciascuna affermazione. Se qualche affermazione non è per te chiara, non rispondere e passa alla successiva.	Totalmente d'accordo	Parzialmente d'accordo	Non so	Parzialmente in disaccordo	Totalmente in disaccordo
Lo studio della scienza è difficile.	0	11	2	8	1
La scienza che si studia a scuola è interessante.	14	7	1	0	0
La scienza che si studia a scuola è facile da capire.	5	8	2	7	0
Lo studio della scienza mi ha fatto capire che esistono cose da fare nuove e interessanti.	12	5	3	1	0
La scienza mi piace più di altre materie.	5	9	5	2	1
Credo che tutti dovrebbero studiare scienze a scuola.	15	4	1	1	1
Gli argomenti scientifici che imparo a scuola mi saranno utili per la mia vita di tutti i giorni.	7	9	6	0	0
Penso che la scienza che si studia a scuola migliorerà le mie possibilità di trovare un lavoro interessante.	9	4	8	1	0
Lo studio della scienza ha aumentato la mia curiosità sulle cose che non riusciamo ancora a spiegare.	15	4	2	1	0
La scienza che si studia a scuola mi ha mostrato l'importanza di questo argomento per la nostra vita.	8	9	4	0	1
Da grande vorrei diventare uno scienziato.	4	1	5	5	7
Scienza e tecnologia sono importanti per la società	20	2	0	0	0
Scienza e tecnologia ci permetteranno di trovare le cure per malattie come l'HIV/AIDS, il cancro, etc.	19	3	0	0	0
Scienza e tecnologia rendono la nostra vita più sicura, facile e confortevole.	12	8	1	1	0
I benefici prodotti dalla scienza sono maggiori degli effetti dannosi che potrebbe produrre.	2	11	7	1	1
Scienza e tecnologia possono	2	6	8	4	1

risolvere quasi tutti i problemi.					
Scienza e tecnologia sono la causa dei problemi ambientali.	0	6	6	9	1
Un paese non ha bisogno di scienza e tecnologia per svilupparsi.	0	1	2	6	13
La scienza e la tecnologia avvantaggiano principalmente i paesi più sviluppati.	2	16	3	0	1
Gli scienziati seguono il metodo scientifico, che li porta sempre a trovare le risposte corrette.	8	8	4	2	0
Dovremmo sempre aver fiducia di ciò che gli scienziati ci dicono.	1	9	6	6	0
Gli scienziati sono neutrali e oggettivi.	0	10	7	3	2
Le teorie scientifiche si sviluppano e cambiano sempre.	8	7	4	3	0

Numero studenti = 22

Tabella a54. – Valutazione dell’opinione, questionario in uscita, domanda 1.

Quanto sei d’accordo con le affermazioni seguenti? Rispondi indicando il tuo grado di accordo per ciascuna affermazione. Se qualche affermazione non è per te chiara, non rispondere e passa alla successiva.	Totalmente d'accordo	Parzialmente d'accordo	Non so	Parzialmente in disaccordo	Totalmente in disaccordo
Lo studio della scienza è difficile.	3	11	0	3	0
La scienza che si studia a scuola è interessante.	0	14	3	0	0
La scienza che si studia a scuola è facile da capire.	0	5	2	10	0
Lo studio della scienza mi ha fatto capire che esistono cose da fare nuove e interessanti.	10	5	1	1	0
La scienza mi piace più di altre materie.	1	6	7	3	0
Credo che tutti dovrebbero studiare scienze a scuola.	8	7	2	0	0
Gli argomenti scientifici che imparo a scuola mi saranno utili per la mia vita di tutti i giorni.	6	7	4	0	0
Penso che la scienza che si studia a scuola migliorerà le mie possibilità di trovare un lavoro interessante.	3	7	6	1	0
Lo studio della scienza ha aumentato la mia curiosità sulle cose che non riusciamo ancora a spiegare.	6	10	1	0	0
La scienza che si studia a scuola mi ha mostrato l’importanza di questo argomento per la nostra vita.	2	10	4	1	0
Da grande vorrei diventare uno scienziato.	0	2	6	3	6
Scienza e tecnologia sono importanti per la società	11	5	1	0	0
Scienza e tecnologia ci permetteranno di trovare le cure per malattie come l’HIV/AIDS, il cancro, etc.	13	3	1	0	0
Scienza e tecnologia rendono la nostra vita più sicura, facile e confortevole.	5	10	2	0	0
I benefici prodotti dalla scienza sono maggiori degli effetti dannosi che potrebbe produrre.	2	5	5	5	0
Scienza e tecnologia possono risolvere quasi tutti i problemi.	0	8	5	4	0
Scienza e tecnologia sono la causa dei problemi ambientali.	1	4	3	6	3

Un paese non ha bisogno di scienza e tecnologia per svilupparsi.	0	0	0	5	12
La scienza e la tecnologia avvantaggiano principalmente i paesi più sviluppati.	3	9	2	3	0
Gli scienziati seguono il metodo scientifico, che li porta sempre a trovare le risposte corrette.	0	9	2	6	0
Dovremmo sempre aver fiducia di ciò che gli scienziati ci dicono.	1	5	3	8	0
Gli scienziati sono neutrali e oggettivi.	1	6	4	6	0
Le teorie scientifiche si sviluppano e cambiano sempre.	7	9	0	1	0

Numero studenti = 17

Tabella a55 – Valutazione dell’opinione, domanda 2: “Leggi la frase che segue e indica la risposta che meglio descrive quanto tu sia d’accordo o in disaccordo”

Roberta ha appena letto sul suo libro di scienze qualcosa che sembra in disaccordo con la sua esperienza di vita di tutti i giorni. Per imparare bene le discipline scientifiche, però, Roberta sa che non deve tener conto della sua esperienza personale ma accettare ciò che dice il libro.	Totalmente d'accordo	Parzialmente d'accordo	Non so	Parzialmente in disaccordo	Totalmente in disaccordo
Entrata	0	1	1	14	3
Uscita	0	2	1	10	1

Numero studenti in entrata = 22

Numero studenti in uscita = 17

Tabella a56 – Valutazione dell’opinione, domanda 3: “Come valuti la tua conoscenza delle nanotecnologie”

	Limitata	Né approfondita né limitata	Approfondita	Non so
Ingresso	11	7	2	2
Uscita	2	9	6	

Numero studenti entrata = 22

Numero studenti uscita = 17

Tabella a57 – Valutazione dell’opinione, questionario in entrata, domanda 3: “Secondo te, che impatto avranno nel futuro le nanotecnologie riguardo a:”

	Negativo	Né positivo né negativo	Positivo	Non so
Il nostro modo di vivere	1	1	18	2
L’economia nazionale	2	5	8	7
L’ambiente	2	6	10	4
La tua salute e quella della tua famiglia	2	2	14	4
La sicurezza della nostra società	2	5	12	4
Le generazioni future	1	4	13	4

Numero studenti = 22

Tabella a58 – Valutazione dell’opinione, questionario in uscita, domanda 3: “Secondo te, che impatto avranno nel futuro le nanotecnologie riguardo a:”

	Negativo	Né positivo né negativo	Positivo	Non so
Il nostro modo di vivere	0	2	13	2
L’economia nazionale	1	6	9	1
L’ambiente	1	1	12	3
La tua salute e quella della tua famiglia	0	1	16	0
La sicurezza della nostra società	2	2	9	4
Le generazioni future	0	2	12	3

Numero studenti = 17

Tabella a59. – Valutazione dell'opinione, questionario entrata, domanda 1.

Quanto sei d'accordo con le affermazioni seguenti? Rispondi indicando il tuo grado di accordo per ciascuna affermazione. Se qualche affermazione non è per te chiara, non rispondere e passa alla successiva.	Totalmente d'accordo	Parzialmente d'accordo	Non so	Parzialmente in disaccordo	Totalmente in disaccordo
Lo studio della scienza è difficile.	1	5	0	6	1
La scienza che si studia a scuola è interessante.	3	9	0	1	0
La scienza che si studia a scuola è facile da capire.	1	7	2	3	0
Lo studio della scienza mi ha fatto capire che esistono cose da fare nuove e interessanti.	3	2	5	3	0
La scienza mi piace più di altre materie.	4	4	1	2	2
Credo che tutti dovrebbero studiare scienze a scuola.	8	4	0	0	1
Gli argomenti scientifici che imparo a scuola mi saranno utili per la mia vita di tutti i giorni.	6	1	3	3	0
Penso che la scienza che si studia a scuola migliorerà le mie possibilità di trovare un lavoro interessante.	4	3	1	2	3
Lo studio della scienza ha aumentato la mia curiosità sulle cose che non riusciamo ancora a spiegare.	6	6	1	0	0
La scienza che si studia a scuola mi ha mostrato l'importanza di questo argomento per la nostra vita.	4	3	6	0	0
Da grande vorrei diventare uno scienziato.	1	2	0	1	9
Scienza e tecnologia sono importanti per la società	10	3	0	0	0
Scienza e tecnologia ci permetteranno di trovare le cure per malattie come l'HIV/AIDS, il cancro, etc.	13	0	0	0	0
Scienza e tecnologia rendono la nostra vita più sicura, facile e confortevole.	5	4	2	2	0
I benefici prodotti dalla scienza sono maggiori degli effetti dannosi che potrebbe produrre.	2	4	4	3	0
Scienza e tecnologia possono	1	4	1	5	2

risolvere quasi tutti i problemi.					
Scienza e tecnologia sono la causa dei problemi ambientali.	1	4	2	5	1
Un paese non ha bisogno di scienza e tecnologia per svilupparsi.	0	0	0	4	9
La scienza e la tecnologia avvantaggiano principalmente i paesi più sviluppati.	5	7	0	1	0
Gli scienziati seguono il metodo scientifico, che li porta sempre a trovare le risposte corrette.	1	3	2	4	3
Dovremmo sempre aver fiducia di ciò che gli scienziati ci dicono.	0	3	3	6	1
Gli scienziati sono neutrali e oggettivi.	2	1	6	4	0
Le teorie scientifiche si sviluppano e cambiano sempre.	9	4	0	0	0

Numero studenti = 14

Tabella a60. – Valutazione dell’opinione, questionario in uscita, domanda 1.

Quanto sei d’accordo con le affermazioni seguenti? Rispondi indicando il tuo grado di accordo per ciascuna affermazione. Se qualche affermazione non è per te chiara, non rispondere e passa alla successiva.	Totalmente d'accordo	Parzialmente d'accordo	Non so	Parzialmente in disaccordo	Totalmente in disaccordo
Lo studio della scienza è difficile.	3	5	1	6	2
La scienza che si studia a scuola è interessante.	2	10	3	2	0
La scienza che si studia a scuola è facile da capire.	2	6	4	5	0
Lo studio della scienza mi ha fatto capire che esistono cose da fare nuove e interessanti.	9	7	0	0	0
La scienza mi piace più di altre materie.	4	4	3	5	1
Credo che tutti dovrebbero studiare scienze a scuola.	8	8	0	1	0
Gli argomenti scientifici che imparo a scuola mi saranno utili per la mia vita di tutti i giorni.	3	8	5	1	0
Penso che la scienza che si studia a scuola migliorerà le mie possibilità di trovare un lavoro interessante.	3	10	3	1	0
Lo studio della scienza ha aumentato la mia curiosità sulle cose che non riusciamo ancora a spiegare.	9	5	2	0	0
La scienza che si studia a scuola mi ha mostrato l’importanza di questo argomento per la nostra vita.	3	9	2	2	0
Da grande vorrei diventare uno scienziato.	2	0	4	2	9
Scienza e tecnologia sono importanti per la società	13	4	0	0	0
Scienza e tecnologia ci permetteranno di trovare le cure per malattie come l’HIV/AIDS, il cancro, etc.	14	3	0	0	0
Scienza e tecnologia rendono la nostra vita più sicura, facile e confortevole.	6	4	5	2	0
I benefici prodotti dalla scienza sono maggiori degli effetti dannosi che potrebbe produrre.	3	5	7	2	0
Scienza e tecnologia possono risolvere quasi tutti i problemi.	2	4	3	8	0
Scienza e tecnologia sono la causa dei problemi ambientali.	1	2	2	10	2

Un paese non ha bisogno di scienza e tecnologia per svilupparsi.	0	0	0	4	13
La scienza e la tecnologia avvantaggiano principalmente i paesi più sviluppati.	5	8	1	3	0
Gli scienziati seguono il metodo scientifico, che li porta sempre a trovare le risposte corrette.	0	9	1	7	0
Dovremmo sempre aver fiducia di ciò che gli scienziati ci dicono.	1	3	6	6	1
Gli scienziati sono neutrali e oggettivi.	1	3	6	7	0
Le teorie scientifiche si sviluppano e cambiano sempre.	9	6	1	1	0

Numero studenti = 17

Tabella a61 – Valutazione dell'opinione, domanda 2: “Leggi la frase che segue e indica la risposta che meglio descrive quanto tu sia d'accordo o in disaccordo”

Roberta ha appena letto sul suo libro di scienze qualcosa che sembra in disaccordo con la sua esperienza di vita di tutti i giorni. Per imparare bene le discipline scientifiche, però, Roberta sa che non deve tener conto della sua esperienza personale ma accettare ciò che dice il libro.	Totalmente d'accordo	Parzialmente d'accordo	Non so	Parzialmente in disaccordo	Totalmente in disaccordo
Entrata	1	1	0	7	3
Uscita	0	3	1	10	2

Numero studenti in entrata = 14

Numero studenti in uscita = 17

Tabella a62 – Valutazione dell’opinione, domanda 3: “Come valuti la tua conoscenza delle nanotecnologie”

	Limitata	Né approfondita né limitata	Approfondita	Non so
Ingresso	7	1	0	4
Uscita	1	9	6	0

Numero studenti entrata = 14

Numero studenti uscita = 17

Tabella a63 – Valutazione dell’opinione, questionario in entrata, domanda 3: “Secondo te, che impatto avranno nel futuro le nanotecnologie riguardo a:”

	Negativo	Né positivo né negativo	Positivo	Non so
Il nostro modo di vivere	0	2	7	4
L’economia nazionale	0	5	1	7
L’ambiente	1	2	4	6
La tua salute e quella della tua famiglia	0	3	4	6
La sicurezza della nostra società	0	2	5	6
Le generazioni future	1	1	6	5

Numero studenti = 14

Tabella a64 – Valutazione dell’opinione, questionario in uscita, domanda 3: “Secondo te, che impatto avranno nel futuro le nanotecnologie riguardo a:”

	Negativo	Né positivo né negativo	Positivo	Non so
Il nostro modo di vivere	0	1	15	1
L’economia nazionale	2	4	10	1
L’ambiente	0	0	16	1
La tua salute e quella della tua famiglia	0	1	14	2
La sicurezza della nostra società	0	9	6	2
Le generazioni future	0	1	14	2

Numero studenti = 17

Classe 4A

Tabella a65. – Valutazione dell'opinione, questionario entrata, domanda 1.

Quanto sei d'accordo con le affermazioni seguenti? Rispondi indicando il tuo grado di accordo per ciascuna affermazione. Se qualche affermazione non è per te chiara, non rispondere e passa alla successiva.	Totalmente d'accordo	Parzialmente d'accordo	Non so	Parzialmente in disaccordo	Totalmente in disaccordo
Lo studio della scienza è difficile.	1	15	2	2	0
La scienza che si studia a scuola è interessante.	2	11	3	4	0
La scienza che si studia a scuola è facile da capire.	0	8	2	8	2
Lo studio della scienza mi ha fatto capire che esistono cose da fare nuove e interessanti.	6	6	5	1	2
La scienza mi piace più di altre materie.	4	5	2	6	3
Credo che tutti dovrebbero studiare scienze a scuola.	10	4	3	2	0
Gli argomenti scientifici che imparo a scuola mi saranno utili per la mia vita di tutti i giorni.	2	13	2	2	1
Penso che la scienza che si studia a scuola migliorerà le mie possibilità di trovare un lavoro interessante.	4	7	7	1	1
Lo studio della scienza ha aumentato la mia curiosità sulle cose che non riusciamo ancora a spiegare.	10	9	1	0	0
La scienza che si studia a scuola mi ha mostrato l'importanza di questo argomento per la nostra vita.	2	12	4	2	0
Da grande vorrei diventare uno scienziato.	1	2	7	3	7
Scienza e tecnologia sono importanti per la società	16	4	0	0	0
Scienza e tecnologia ci permetteranno di trovare le cure per malattie come l'HIV/AIDS, il cancro, etc.	16	3	1	0	0
Scienza e tecnologia rendono la nostra vita più sicura, facile e confortevole.	4	10	5	1	0
I benefici prodotti dalla scienza sono maggiori degli effetti dannosi che potrebbe produrre.	0	6	10	3	1
Scienza e tecnologia possono	1	5	4	7	3

risolvere quasi tutti i problemi.					
Scienza e tecnologia sono la causa dei problemi ambientali.	0	10	2	7	1
Un paese non ha bisogno di scienza e tecnologia per svilupparsi.	0	0	1	4	15
La scienza e la tecnologia avvantaggiano principalmente i paesi più sviluppati.	4	9	3	4	0
Gli scienziati seguono il metodo scientifico, che li porta sempre a trovare le risposte corrette.	0	11	3	5	1
Dovremmo sempre aver fiducia di ciò che gli scienziati ci dicono.	0	6	5	8	1
Gli scienziati sono neutrali e oggettivi.	1	6	9	3	1
Le teorie scientifiche si sviluppano e cambiano sempre.	10	7	3	0	0

Numero studenti = 20

Tabella a66. – Valutazione dell'opinione, questionario in uscita, domanda 1.

Quanto sei d'accordo con le affermazioni seguenti? Rispondi indicando il tuo grado di accordo per ciascuna affermazione. Se qualche affermazione non è per te chiara, non rispondere e passa alla successiva.	Totalmente d'accordo	Parzialmente d'accordo	Non so	Parzialmente in disaccordo	Totalmente in disaccordo
Lo studio della scienza è difficile.	3	11	0	3	0
La scienza che si studia a scuola è interessante.	0	14	3	0	0
La scienza che si studia a scuola è facile da capire.	0	5	2	10	0
Lo studio della scienza mi ha fatto capire che esistono cose da fare nuove e interessanti.	10	5	1	1	0
La scienza mi piace più di altre materie.	1	6	7	3	0
Credo che tutti dovrebbero studiare scienze a scuola.	8	7	2	0	0
Gli argomenti scientifici che imparo a scuola mi saranno utili per la mia vita di tutti i giorni.	6	7	4	0	0
Penso che la scienza che si studia a scuola migliorerà le mie possibilità di trovare un lavoro interessante.	3	7	6	1	0
Lo studio della scienza ha aumentato la mia curiosità sulle cose che non riusciamo ancora a spiegare.	6	10	1	0	0
La scienza che si studia a scuola mi ha mostrato l'importanza di questo argomento per la nostra vita.	2	10	4	1	0
Da grande vorrei diventare uno scienziato.	0	2	6	3	6
Scienza e tecnologia sono importanti per la società	11	5	1	0	0
Scienza e tecnologia ci permetteranno di trovare le cure per malattie come l'HIV/AIDS, il cancro, etc.	13	3	1	0	0
Scienza e tecnologia rendono la nostra vita più sicura, facile e confortevole.	5	10	2	0	0
I benefici prodotti dalla scienza sono maggiori degli effetti dannosi che potrebbe produrre.	2	5	5	5	0
Scienza e tecnologia possono risolvere quasi tutti i problemi.	0	8	5	4	0
Scienza e tecnologia sono la causa dei problemi ambientali.	1	4	3	6	3

Un paese non ha bisogno di scienza e tecnologia per svilupparsi.	0	0	0	5	12
La scienza e la tecnologia avvantaggiano principalmente i paesi più sviluppati.	3	9	2	3	0
Gli scienziati seguono il metodo scientifico, che li porta sempre a trovare le risposte corrette.	0	9	2	6	0
Dovremmo sempre aver fiducia di ciò che gli scienziati ci dicono.	1	5	3	8	0
Gli scienziati sono neutrali e oggettivi.	1	6	4	6	0
Le teorie scientifiche si sviluppano e cambiano sempre.	7	9	0	1	0

Numero studenti = 17

Tabella a67 – Valutazione dell’opinione, domanda 2: “Leggi la frase che segue e indica la risposta che meglio descrive quanto tu sia d’accordo o in disaccordo”

Roberta ha appena letto sul suo libro di scienze qualcosa che sembra in disaccordo con la sua esperienza di vita di tutti i giorni. Per imparare bene le discipline scientifiche, però, Roberta sa che non deve tener conto della sua esperienza personale ma accettare ciò che dice il libro.	Totalmente d'accordo	Parzialmente d'accordo	Non so	Parzialmente in disaccordo	Totalmente in disaccordo
Entrata		2	2	10	6
Uscita		2	1	10	1

Numero studenti in entrata = 14

Numero studenti in uscita = 17

Tabella a68 – Valutazione dell’opinione, domanda 3: “Come valuti la tua conoscenza delle nanotecnologie”

	Limitata	Né approfondita né limitata	Approfondita	Non so
Ingresso	12	2	0	6
Uscita	2	9	6	0

Numero studenti entrata = 20

Numero studenti uscita = 17

Tabella a69 – Valutazione dell’opinione, questionario in entrata, domanda 3: “Secondo te, che impatto avranno nel futuro le nanotecnologie riguardo a:”

	Negativo	Né positivo né negativo	Positivo	Non so
Il nostro modo di vivere	1	4	7	8
L’economia nazionale	0	6	6	8
L’ambiente	7	3	5	5
La tua salute e quella della tua famiglia	0	3	12	5
La sicurezza della nostra società	2	4	6	8
Le generazioni future	1	3	6	10

Numero studenti = 20

Tabella a70 – Valutazione dell’opinione, questionario in uscita, domanda 3: “Secondo te, che impatto avranno nel futuro le nanotecnologie riguardo a:”

	Negativo	Né positivo né negativo	Positivo	Non so
Il nostro modo di vivere	0	2	13	2
L’economia nazionale	1	6	9	1
L’ambiente	1	1	12	3
La tua salute e quella della tua famiglia	0	1	16	0
La sicurezza della nostra società	2	2	9	4
Le generazioni future	0	2	12	3

Numero studenti = 17

Tabella a71 – Valutazione quantitativa delle risposte aperte. Percorso 1, classi terze, questionario in entrata

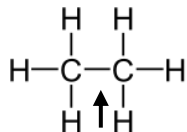
<p>Un atomo di carbonio forma una molecola con l'idrogeno; scegli tra le due possibilità quella che secondo te esiste in natura: (a) CH_4 (b) CH_2</p> <p>La ragione della tua scelta è (fra le seguenti scegli quella che ti sembra più adatta):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. La (a) perchè nella molecola, entrambi gli atomi C e H hanno completato il loro guscio esterno. 2. La (a) perchè nella molecola l'atomo di C completa il guscio. 3. La (b) perchè l'idrogeno esiste come H_2 4. La (a) perchè il C ha numero di ossidazione +4 							
	Risponde correttamente a entrambe le opzioni. Nella risposta possono essere citati l'ottetto, la stabilità di entrambi gli atomi, il completamento di entrambi i gusci esterni	Risponde correttamente alla prima scelta ma non alla motivazione. Nella risposta viene citata solo la stabilità del C	Risponde in modo errato ad entrambe le opzioni citando che in natura l'idrogeno si trova sotto forma di H_2	Risponde in modo errato con motivazioni casuali	Risponde correttamente e non motiva	Risponde in modo errato e non motiva	Non risponde nemmeno alla scelta multipla
Studente 1	0	0	1	0	0	0	0
Studente 2	1	0	0	0	0	0	0
Studente 3	0	1	0	0	0	0	0
Studente 4	0	0	0	0	0	0	1
Studente 5	0	0	1	0	0	0	0
Studente 6	0	0	1	0	0	0	0
Studente 7	0	1	0	0	0	0	0
Studente 8	0	0	0	1	0	0	0
Studente 9	0	0	0	1	0	0	0
Studente 10	0	0	1	0	0	0	0

Studente 11	1	0	0	0	0	0	0
Studente 12	0	0	0	0	0	0	1
Studente 13	0	0	0	1	0	0	0
Studente 14	0	0	0	0	0	1	0
Studente 15	0	0	1	0	0	0	0
Studente 16	0	0	0	0	1	0	0
Studente 17	0	0	0	1	1	0	0
Studente 18	0	0	0	1	0	0	0
Studente 19	0	0	0	1	0	0	0
Studente 20	0	0	0	1	0	0	0
Studente 21	0	0	1	0	0	0	0
Studente 22	1	0	0	0	0	0	0
Studente 23	1	0	0	0	0	0	0
Studente 24	0	1	0	0	0	0	0
Studente 25	0	0	0	1	0	0	0
Studente 26	0	0	0	1	0	0	0
Studente 27	0	1	0	0	0	0	0
Studente 28	0	1	0	0	0	0	0
Studente 29	1	0	0	0	0	0	0
Studente 30	1	0	0	0	0	0	0
Studente 31	0	1	0	0	0	0	0
Studente 32	0	0	0	0	0	1	0
Studente 33	0	0	0	0	0	1	0
Studente 34	0	0	0	0	1	0	0
Studente 35	0	0	0	0	1	0	0
Studente 36	0	0	0	0	0	1	0
Studente 37	0	1	0	0	0	0	0
Studente 38	0	1	0	0	0	0	0
Studente 39	0	1	0	0	0	0	0
Studente 40	0	0	0	0	1	0	0
Studente 41	0	0	1	0	0	0	0

Studente 42	0	0	1	0	0	0	0
Studente 43	0	1	0	0	0	0	0
Studente 44	0	1	0	0	0	0	0
Studente 45	0	0	1	0	0	0	0
Studente 46	0	0	0	0	1	0	0
Studente 47	0	0	0	0	0	1	0
Studente 48	0	0	0	0	0	1	0
Studente 49	0	0	0	0	0	1	0
Studente 50	0	0	0	0	0	1	0
Studente 51	0	0	1	0	0	0	0
Studente 52	0	1	0	0	0	0	0
Studente 53	0	0	1	0	0	0	0
Studente 54	0	0	1	0	0	0	0
Studente 55	0	0	0	0	1	0	0
Studente 56	0	0	1	0	0	0	0
Studente 57	0	1	0	0	0	0	0
Studente 58	0	0	0	0	1	0	0
Studente 59	1	0	0	0	0	0	0
Studente 60	0	0	0	0	1	0	0
Studente 61	0	0	0	0	1	0	0
Studente 62	0	0	0	0	1	0	0
Studente 63	1	0	0	0	0	0	0
Studente 64	0	0	1	0	0	0	0
Studente 65	0	0	1	0	0	0	0
Studente 66	0	0	0	0	1	0	0
Studente 67	0	0	0	1	0	0	0
Studente 68	0	0	0	1	0	0	0
Studente 69	1	0	0	0	0	0	0
Studente 70	0	0	1	0	0	0	0
Studente 71	0	0	1	0	0	0	0

Tabella a72 – Valutazione quantitativa delle risposte aperte. Percorso 1, classi terze, questionario in entrata

Considera la seguente formula di struttura della molecola di etano, quale delle seguenti affermazioni descrive meglio il significato della linea indicata dalla freccia?



1. rappresenta un legame covalente singolo in cui ciascuno dei due atomi di C contribuisce con 1 elettrone alla formazione di una coppia di elettroni tra i due nuclei;
2. rappresenta un legame covalente singolo in cui un atomo di C dona 1 elettrone all'altro atomo di C;
3. rappresenta un legame chimico tra i due atomi di C;
4. rappresenta un legame ionico tra i due atomi di C.

Motiva la tua risposta:

STUDENTI	Risponde correttamente e individua il legame covalente singolo che si forma perché ciascun atomo di C mette in condivisione un elettrone, formando una coppia condivisa	Risponde correttamente ma identifica un solo elettrone condiviso e quindi parla di un solo atomo di C	Risponde correttamente ma non motiva la sua risposta	Risponde correttamente con motivazioni casuali	Risponde in modo errato e non motiva	Risponde in modo errato e da motivazioni casuali	Non risponde alla scelta multipla e non motiva
Studente 1	0	1	0	0	0	0	0
Studente 2	1	0	0	0	0	0	0
Studente 3	0	1	0	0	0	0	0
Studente 4	0	0	0	1	0	0	0
Studente 5	0	0	0	1	0	0	0
Studente 6	1	0	0	0	0	0	0

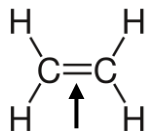
Studente 7	0	0	0	0	0	1	0
Studente 8	0	0	0	0	0	1	0
Studente 9	0	0	0	0	0	1	0
Studente 10	0	0	0	0	0	1	0
Studente 11	0	0	0	0	0	1	0
Studente 12	0	0	0	0	0	0	1
Studente 13	0	0	0	1	0	0	0
Studente 14	0	0	1	0	0	0	0
Studente 15	0	0	1	0	0	0	0
Studente 16	0	0	0	0	1	0	0
Studente 17	1	0	0	0	0	0	0
Studente 18	0	0	0	0	1	0	0
Studente 19	0	0	0	1	0	0	0
Studente 20	1	0	0	0	0	0	0
Studente 21	1	0	0	0	0	0	0
Studente 22	1	0	0	0	0	0	0
Studente 23	1	0	0	0	0	0	0
Studente 24	0	1	0	0	0	0	0
Studente 25	0	0	0	0	1	0	0
Studente 26	0	0	0	1	0	0	0
Studente 27	0	0	1	0	0	0	0
Studente 28	1	0	0	0	0	0	0
Studente 29	1	0	0	0	0	0	0
Studente 30	1	0	0	0	0	0	0
Studente 31	1	0	0	0	0	0	0
Studente 32	0	0	0	0	1	0	0
Studente 33	0	0	1	0	0	0	0
Studente 34	0	0	1	0	0	0	0
Studente 35	0	0	0	0	1	0	0
Studente 36	0	0	0	0	0	0	1
Studente 37	0	0	1	0	0	0	0

Studente 38	0	0	0	0	1	0	0
Studente 39	0	0	1	0	0	0	0
Studente 40	0	0	0	0	0	0	1
Studente 41	0	0	0	0	1	0	0
Studente 42	0	0	0	0	1	0	0
Studente 43	0	0	1	0	0	0	0
Studente 44	0	0	0	0	1	0	0
Studente 45	0	0	0	0	0	1	0
Studente 46	1	0	0	0	0	0	0
Studente 47	0	0	0	0	1	0	0
Studente 48	0	0	1	0	0	0	0
Studente 49	0	0	1	0	0	0	0
Studente 50	0	0	1	0	0	0	0
Studente 51	0	0	0	0	1	0	0
Studente 52	0	0	1	0	0	0	0
Studente 53	0	0	0	0	1	0	0
Studente 54	0	0	0	0	0	0	1
Studente 55	0	0	0	0	0	0	1
Studente 56	0	0	0	0	0	0	1
Studente 57	0	1	0	0	0	0	0
Studente 58	0	0	0	0	1	0	0
Studente 59	0	0	0	0	1	0	0
Studente 60	0	0	1	0	0	0	0
Studente 61	0	0	1	0	0	0	0
Studente 62	0	0	0	0	1	0	0
Studente 63	0	0	1	0	0	0	0
Studente 64	0	0	0	1	0	0	0
Studente 65	0	1	0	0	0	0	0
Studente 66	0	0	0	0	1	0	0
Studente 67	0	0	0	0	0	0	1
Studente 68	0	0	0	0	1	0	0

Studente 69	0	0	0	0	1	0	0
Studente 70	0	0	0	0	1	0	0
Studente 71	0	0	0	0	0	0	1

Tabella a73 – Valutazione quantitativa delle risposte aperte. Percorso 1, classi terze, questionario in entrata

Considera la seguente formula di struttura della molecola di etene, quale delle seguenti affermazioni descrive in maniera più accurata il significato delle due linee indicate dalla freccia?



1. rappresenta un legame covalente doppio in cui due atomi di C contribuiscono ciascuno con 2 elettroni alla formazione di due coppie di elettroni di legame;
2. rappresenta un legame chimico doppio tra due atomi di C;
3. rappresenta un legame covalente doppio in cui un atomo di C dona 2 elettroni all'altro atomo di C;
4. rappresenta un legame ionico doppio tra i due atomi di C.

Motiva la tua risposta:

STUDENTI	Risponde correttamente e individua il legame covalente doppio che si forma perché ciascun atomo di C mette in condivisione due elettroni, formando due coppia condivisa	Risponde correttamente ma identifica due elettroni condivisi e quindi parla di un solo atomo di C	Risponde correttamente ma non motiva la sua risposta	risponde correttamente con motivazioni casuali	Risponde in modo errato e non motiva	Non risponde alla scelta multipla e non motiva
Studente 1	0	1	0	0	0	0
Studente 2	0	0	0	1	0	0
Studente 3	0	0	0	1	0	0
Studente 4	0	0	0	0	0	1
Studente 5	0	0	0	1	0	0

Studente 6	0	0	0	1	0	0
Studente 7	0	0	0	1	0	0
Studente 8	0	0	0	1	0	0
Studente 9	0	0	0	1	0	0
Studente 10	0	0	0	0	1	0
Studente 11	0	0	0	0	0	1
Studente 12	1	0	0	0	0	0
Studente 13	0	0	1	0	0	0
Studente 14	0	0	1	0	0	0
Studente 15	0	0	0	1	0	0
Studente 16	0	0	1	0	0	0
Studente 17	1	0	0	0	0	0
Studente 18	0	0	1	0	0	0
Studente 19	0	0	0	1	0	0
Studente 20	0	0	0	0	1	0
Studente 21	1	0	0	0	0	0
Studente 22	1	0	0	0	0	0
Studente 23	1	0	0	0	0	0
Studente 24	0	1	0	0	0	0
Studente 25	0	0	1	0	0	0
Studente 26	0	1	0	0	0	0
Studente 27	1	0	0	0	0	0
Studente 28	1	0	0	0	0	0
Studente 29	1	0	0	0	0	0
Studente 30	1	0	0	0	0	0
Studente 31	1	0	0	0	0	0
Studente 32	0	0	0	0	1	0
Studente 33	0	0	1	0	0	0
Studente 34	1	0	0	0	0	0
Studente 35	0	0	1	0	0	0
Studente 36	0	0	0	0	1	0

Studente 37	0	0	1	0	0	0
Studente 38	0	0	1	0	0	0
Studente 39	0	0	0	0	1	0
Studente 40	0	0	0	0	0	1
Studente 41	0	0	1	0	0	0
Studente 42	0	0	0	0	1	0
Studente 43	0	0	1	0	0	0
Studente 44	0	0	1	0	0	0
Studente 45	0	0	1	0	0	0
Studente 46	1	0	0	0	0	0
Studente 47	0	0	1	0	0	0
Studente 48	0	0	1	0	0	0
Studente 49	0	0	1	0	0	0
Studente 50	0	0	1	0	0	0
Studente 51	0	0	0	0	1	0
Studente 52	0	0	1	0	0	0
Studente 53	0	0	0	0	1	0
Studente 54	0	0	0	0	1	0
Studente 55	0	0	0	0	0	1
Studente 56	0	0	1	0	0	0
Studente 57	0	0	0	1	0	0
Studente 58	0	0	1	0	0	0
Studente 59	0	0	0	0	0	1
Studente 60	0	0	1	0	0	0
Studente 61	0	0	1	0	0	0
Studente 62	0	0	0	0	1	0
Studente 63	0	0	0	0	1	0
Studente 64	0	0	0	0	1	0
Studente 65	0	0	0	0	1	0
Studente 66	0	0	1	0	0	0
Studente 67	0	0	0	0	1	0

Studente 68	0	0	1	0	0	0
Studente 69	0	0	1	0	0	0
Studente 70	0	0	0	0	1	0
Studente 71	0	0	0	0	0	1

Tabella a74 – Valutazione quantitativa delle risposte aperte. Percorso 1, classi terze, questionario in entrata

In quale delle seguenti immagini è rappresentata più accuratamente la posizione della coppia di elettroni condivisa nella molecola HF?

(a) $H : F$

(b) $H : F$

La ragione della tua scelta è:

1. Gli elettroni di non legame influenzano la posizione delle coppie di elettroni di legame o condivise;
2. L'atomo di idrogeno e quello di fluoro formano un legame covalente e quindi la coppia di elettroni deve essere localizzata alla stessa distanza tra i due atomi;
3. Il fluoro ha un'attrazione maggiore per la coppia di elettroni condivisa;
4. Il fluoro è più grande dei due atomi e quindi esercita un maggiore controllo sulla coppia di elettroni condivisa.

Motiva la tua risposta:

STUDENTI	Risponde correttamente e nella risposta viene citata la maggiore elettronegatività del fluoro, intesa anche come differenza di elettronegatività, o la presenza di un legame covalente polare.	Risponde correttamente ma la maggiore forza di attrazione del fluoro viene attribuita alla presenza di più elettroni o alla dimensione del fluoro e alla sua posizione nella tavola periodica	Risponde correttamente ma non motiva	Risponde in modo errato motivando con la maggiore dimensione del fluoro	Risponde in modo errato con motivazioni casuali	Risponde in modo errato e non motiva	Non risponde alla prima parte e non motiva
Studente 1	0	0	0	0	1	0	0
Studente 2	0	0	0	0	0	0	1
Studente 3	0	0	0	1	0	0	0
Studente 4	0	0	0	0	0	1	0
Studente 5	0	0	0	0	1	0	0
Studente 6	0	0	0	0	1	0	0
Studente 7	0	0	0	0	1	0	0

Studente 8	0	0	0	0	1	0	0
Studente 9	0	0	0	0	0	0	1
Studente 10	0	0	1	0	0	0	0
Studente 11	0	0	0	0	1	0	0
Studente 12	0	0	0	0	0	0	1
Studente 13	0	0	0	1	0	0	0
Studente 14	0	1	0	0	0	0	0
Studente 15	0	0	0	0	1	0	0
Studente 16	0	0	0	0	0	1	0
Studente 17	0	0	0	1	0	0	0
Studente 18	0	0	0	0	0	0	1
Studente 19	0	0	0	1	0	0	0
Studente 20	1	0	0	0	0	0	0
Studente 21	0	0	0	0	1	0	0
Studente 22	1	0	0	0	0	0	0
Studente 23	1	0	0	0	0	0	0
Studente 24	1	0	0	0	0	0	0
Studente 25	1	0	0	0	0	0	0
Studente 26	1	0	0	0	0	0	0
Studente 27	1	0	0	0	0	0	0
Studente 28	0	1	0	0	0	0	0
Studente 29	1	0	0	0	0	0	0
Studente 30	1	0	0	0	0	0	0
Studente 31	1	0	0	0	0	0	0
Studente 32	0	0	1	0	0	0	0
Studente 33	0	0	0	0	0	1	0
Studente 34	0	0	0	0	0	0	1
Studente 35	0	0	0	0	0	1	0
Studente 36	0	0	1	0	0	0	0
Studente 37	0	0	0	0	0	1	0
Studente 38	0	0	0	0	0	1	0

Studente 39	0	0	0	0	0	1	0
Studente 40	0	0	0	0	0	1	0
Studente 41	0	0	0	0	0	1	0
Studente 42	0	0	0	0	0	1	0
Studente 43	0	0	1	0	0	0	0
Studente 44	0	0	0	0	0	1	0
Studente 45	0	0	1	0	0	0	0
Studente 46	0	0	0	0	0	0	1
Studente 47	0	0	0	0	0	1	0
Studente 48	0	0	0	0	0	1	0
Studente 49	0	0	0	0	0	1	0
Studente 50	0	0	0	0	0	1	0
Studente 51	0	0	1	0	0	0	0
Studente 52	0	0	0	0	1	0	0
Studente 53	0	0	0	0	0	1	0
Studente 54	0	0	0	0	0	1	0
Studente 55	0	0	0	0	0	0	1
Studente 56	0	0	0	0	0	1	0
Studente 57	0	0	0	0	1	0	0
Studente 58	0	0	0	0	0	1	0
Studente 59	0	0	0	0	0	0	1
Studente 60	0	0	0	0	0	1	0
Studente 61	0	0	0	0	0	1	0
Studente 62	0	0	0	0	0	1	0
Studente 63	0	0	0	0	0	1	0
Studente 64	0	0	0	0	0	1	0
Studente 65	0	0	0	0	0	1	0
Studente 66	0	0	0	0	0	1	0
Studente 67	0	0	0	0	0	1	0
Studente 68	0	0	0	0	0	1	0
Studente 69	0	0	0	0	0	1	0

Studente 70	0	0	0	0	0	1	0
Studente 71	0	0	0	0	0	1	0

Tabella a75 – Valutazione quantitativa delle risposte aperte. Percorso 1, classi terze, questionario in entrata

Se del sodio (Na) metallico riscaldato viene a contatto con del cloro gassoso (Cl_2), avviene una violenta reazione in cui si forma una sostanza bianca, il cloruro di sodio (NaCl). Scegli tra le seguenti la migliore rappresentazione del composto che si forma:

(a) Na-Cl

(b) Na^+Cl^-

La ragione della mia scelta alla domanda precedente è:

1. Perché entrambi gli atomi raggiungono l'ottetto;
2. Perché per formare un composto, si deve formare un legame covalente;
3. Perché un elettrone è trasferito dal Sodio al Cloro formando un legame ionico;
4. Perché avviene una reazione redox.

STUDENTI	Risponde correttamente, citando uno dei seguenti fattori: differenza di elettronegatività maggiore di 1,9, legame ionico con identificazione del trasferimento elettronico, maggiore elettronegatività del cloro, minore elettronegatività del sodio	Risponde correttamente e parla di legame ionico o di presenza di ioni ma senza citare il trasferimento elettronico	Risponde correttamente ma non motiva	Risponde in modo errato citando che gli atomi raggiungono l'ottetto, oppure che si forma un composto o la differenza di elettronegatività	Risponde in modo errato con motivazioni casuali	Risponde in modo errato e non motiva	Non risponde e non motiva
Studente 1	0	1	0	0	0	0	0
Studente 2	0	1	0	0	0	0	0
Studente 3	0	1	0	0	0	0	0
Studente 4	0	0	0	0	0	0	1
Studente 5	0	0	0	0	1	0	0
Studente 6	0	0	0	0	1	0	0

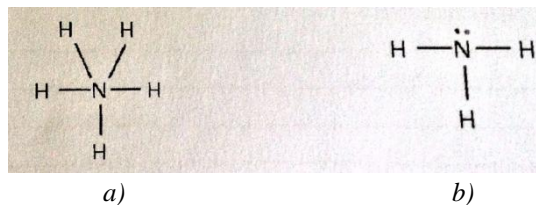
Studente 7	0	0	0	0	0	0	1
Studente 8	0	0	0	0	0	0	1
Studente 9	0	0	0	0	1	0	0
Studente 10	0	0	1	0	0	0	0
Studente 11	1	0	0	0	0	0	0
Studente 12	0	0	1	0	0	0	0
Studente 13	0	0	0	0	1	0	0
Studente 14	0	0	0	0	0	1	0
Studente 15	0	0	0	0	1	0	0
Studente 16	0	0	0	0	0	1	0
Studente 17	0	0	0	0	1	0	0
Studente 18	0	0	0	0	0	0	1
Studente 19	0	0	0	0	1	0	0
Studente 20	0	0	0	0	0	0	1
Studente 21	1	0	0	0	0	0	0
Studente 22	1	0	0	0	0	0	0
Studente 23	1	0	0	0	0	0	0
Studente 24	1	0	0	0	0	0	0
Studente 25	0	0	0	1	0	0	0
Studente 26	0	0	0	1	0	0	0
Studente 27	1	0	0	0	0	0	0
Studente 28	1	0	0	0	0	0	0
Studente 29	1	0	0	0	0	0	0
Studente 30	0	0	0	0	0	0	1
Studente 31	1	0	0	0	0	0	0
Studente 32	0	0	0	0	0	1	0
Studente 33	0	0	1	0	0	0	0
Studente 34	1	0	0	0	0	0	0
Studente 35	0	0	0	0	0	1	0
Studente 36	0	0	0	0	0	1	0
Studente 37	0	0	0	1	0	0	0

Studente 38	0	0	0	0	0	1	0
Studente 39	0	0	0	0	0	1	0
Studente 40	0	0	0	0	0	0	1
Studente 41	0	0	0	0	0	1	0
Studente 42	0	0	1	0	0	0	0
Studente 43	0	0	0	0	0	1	0
Studente 44	0	0	0	0	0	1	0
Studente 45	0	0	0	0	0	1	0
Studente 46	1	0	0	0	0	0	0
Studente 47	0	0	0	0	0	1	0
Studente 48	0	0	1	0	0	0	0
Studente 49	0	0	0	1	0	0	0
Studente 50	0	0	1	0	0	0	0
Studente 51	0	0	0	0	0	1	0
Studente 52	0	0	1	0	0	0	0
Studente 53	0	0	0	0	0	1	0
Studente 54	0	0	1	0	0	0	0
Studente 55	0	0	0	0	0	0	1
Studente 56	0	0	0	0	0	0	1
Studente 57	0	1	0	0	0	0	0
Studente 58	0	0	1	0	0	0	0
Studente 59	0	1	0	0	0	0	0
Studente 60	0	0	1	0	0	0	0
Studente 61	0	0	1	0	0	0	0
Studente 62	0	0	0	0	0	1	0
Studente 63	0	0	0	0	0	1	0
Studente 64	0	0	0	0	0	1	0
Studente 65	0	0	0	0	0	1	0
Studente 66	0	0	0	0	0	1	0
Studente 67	0	0	1	0	0	0	0
Studente 68	0	0	1	0	0	0	0

Studente 69	0	1	0	0	0	0	0
Studente 70	0	0	0	0	0	1	0
Studente 71	0	0	1	0	0	0	0

Tabella a76 – Valutazione quantitativa delle risposte aperte. Percorso 1, classi terze, questionario in entrata

L'azoto è un elemento del V gruppo e forma un composto con l'idrogeno. Quale delle seguenti rappresenta la formula di struttura del composto?



La ragione della tua scelta è:

1. Perché l'atomo di azoto può condividere 5 coppie di elettroni;
2. Perché l'atomo di azoto condivide 3 coppie di elettroni per raggiungere l'ottetto;
3. Perché condividendo 5 elettroni non ci sono elettroni spaiati e l'atomo di azoto è stabile;
4. Perché gli elettroni accoppiati non formano legami.

Motiva la tua risposta:

STUDENTI	Risponde correttamente citando il raggiungimento dell'ottetto da parte dell'azoto, la necessità di formare 3 legami, la condivisione di 3 elettroni	Risponde correttamente con motivazioni casuali	Risponde correttamente ma non motiva	Risponde in modo errato ripetendo l'affermazione dell'ascolta multipla o che l'azoto deve condividere 5 elettroni	Risponde in modo errato e non motiva	Non risponde e non motiva
Studente 1	1	0	0	0	0	0
Studente 2	0	0	0	0	1	0
Studente 3	0	0	0	1	0	0
Studente 4	1	0	0	0	0	0
Studente 5	1	0	0	0	0	0

Studente 6	1	0	0	0	0	0
Studente 7	0	0	1	0	0	0
Studente 8	0	0	1	0	0	0
Studente 9	0	0	0	1	0	0
Studente 10	1	0	0	0	0	0
Studente 11	0	0	1	0	0	0
Studente 12	0	0	0	1	0	0
Studente 13	0	0	1	0	0	0
Studente 14	1	0	0	0	0	0
Studente 15	1	0	0	0	0	0
Studente 16	0	0	0	0	1	0
Studente 17	1	0	0	0	0	0
Studente 18	0	0	0	0	1	0
Studente 19	0	0	1	0	0	0
Studente 20	1	0	0	0	0	0
Studente 21	1	0	0	0	0	0
Studente 22	1	0	0	0	0	0
Studente 23	0	0	0	1	0	0
Studente 24	1	0	0	0	0	0
Studente 25	0	0	0	1	0	0
Studente 26	1	0	0	0	0	0
Studente 27	1	0	0	0	0	0
Studente 28	1	0	0	0	0	0
Studente 29	1	0	0	0	0	0
Studente 30	0	0	0	1	0	0
Studente 31	0	0	0	1	0	0
Studente 32	1	0	0	0	0	0
Studente 33	1	0	0	0	0	0
Studente 34	1	0	0	0	0	0
Studente 35	1	0	0	0	0	0
Studente 36	1	0	0	0	0	0

Studente 37	1	0	0	0	0	0
Studente 38	1	0	0	0	0	0
Studente 39	1	0	0	0	0	0
Studente 40	0	0	1	0	0	0
Studente 41	1	0	0	0	0	0
Studente 42	0	0	1	0	0	0
Studente 43	0	0	0	1	0	0
Studente 44	0	0	1	0	0	0
Studente 45	1	0	0	0	0	0
Studente 46	1	0	0	0	0	0
Studente 47	0	0	1	0	0	0
Studente 48	1	0	0	0	0	0
Studente 49	1	0	0	0	0	0
Studente 50	1	0	0	0	0	0
Studente 51	1	0	0	0	0	0
Studente 52	1	0	0	0	0	0
Studente 53	1	0	0	0	0	0
Studente 54	1	0	0	0	0	0
Studente 55	1	0	0	0	0	0
Studente 56	1	0	0	0	0	0
Studente 57	1	0	0	0	0	0
Studente 58	1	0	0	0	0	0
Studente 59	1	0	0	0	0	0
Studente 60	0	0	1	0	0	0
Studente 61	0	0	1	0	0	0
Studente 62	1	0	0	0	0	0
Studente 63	0	0	0	1	0	0
Studente 64	1	0	0	0	0	0
Studente 65	1	0	0	0	0	0
Studente 66	1	0	0	0	0	0
Studente 67	1	0	0	0	0	0

Studente 68	1	0	0	0	0	0
Studente 69	1	0	0	0	0	0
Studente 70	0	0	0	0	1	0
Studente 71	1	0	0	0	0	0

Tabella a78 – Valutazione quantitativa delle risposte aperte. Percorso 1, classi terze, questionario in entrata

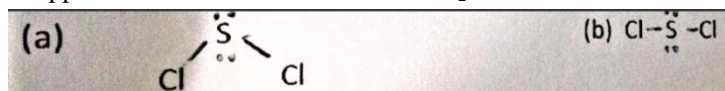
<p>A. La molecola dell'anidride carbonica CO_2, è polare?</p> <p>(a) SI (b) NO</p> <p>La ragione della tua scelta è:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Perché è formata da legami covalenti polari 2. Perché è formata da legami covalenti non polari 3. Perché le polarità dei legami si annullano 4. Perché le polarità dei legami non si annullano <p>Motiva la tua risposta:</p>							
STUDENTI	Risponde correttamente e nella risposta sono indicati almeno uno dei seguenti fattori: molecola simmetrica, angolo di 180° , i vettori si annullano	Risponde correttamente e motiva in modo casuale	Risponde correttamente ma non motiva	Risponde in modo errato con motivazioni casuali	Risponde in modo errato indicando che la molecola è polare perché è formata da legami covalenti polari	Risponde in modo errato e non motiva	Non risponde e non motiva
Studente 1	0	0	1	0	0	0	0
Studente 2	1	0	0	0	0	0	0
Studente 3	1	0	0	0	0	0	0
Studente 4	1	0	0	0	0	0	0
Studente 5	0	0	1	0	0	0	0
Studente 6	0	0	0	0	1	0	0
Studente 7	1	0	0	0	0	0	0
Studente 8	0	0	0	0	0	1	0
Studente 9	1	0	0	0	0	0	0
Studente 10	0	0	1	0	0	0	0
Studente 11	0	1	0	0	0	0	0

Studente 12	0	1	0	0	0	0	0
Studente 13	0	0	0	0	0	1	0
Studente 14	0	0	1	0	0	0	1
Studente 15	0	0	0	0	0	1	1
Studente 16	0	0	0	0	0	1	0
Studente 17	0	1	0	0	0	0	0
Studente 18	1	0	0	0	0	0	0
Studente 19	1	0	0	0	0	0	0
Studente 20	1	0	0	0	0	0	0
Studente 21	1	0	0	0	0	0	0
Studente 22	1	0	0	0	0	0	0
Studente 23	0	1	0	0	0	0	0
Studente 24	0	1	0	0	0	0	0
Studente 25	1	0	0	0	0	0	0
Studente 26	1	0	0	0	0	0	0
Studente 27	1	0	0	0	0	0	0
Studente 28	0	1	0	0	0	0	0
Studente 29	1	0	0	0	0	0	0
Studente 30	1	0	0	0	0	0	0
Studente 31	0	1	0	0	0	0	0
Studente 32	0	0	0	0	0	0	1
Studente 33	1	0	0	0	0	0	0
Studente 34	1	0	0	0	0	0	0
Studente 35	1	0	0	0	0	0	0
Studente 36	0	0	0	0	0	0	1
Studente 37	1	0	0	0	0	0	0
Studente 38	1	0	0	0	0	0	0
Studente 39	1	0	0	0	0	0	0
Studente 40	0	0	0	0	0	1	0
Studente 41	0	0	1	0	0	0	0
Studente 42	0	0	1	0	0	0	0

Studente 43	1	0	0	0	0	0	0
Studente 44	0	0	1	0	0	0	0
Studente 45	0	0	0	0	1	0	0
Studente 46	0	0	0	0	0	1	0
Studente 47	0	0	1	0	0	0	0
Studente 48	0	0	0	0	0	1	0
Studente 49	0	0	1	0	0	0	0
Studente 50	1	0	0	0	0	0	0
Studente 51	0	1	0	0	0	0	0
Studente 52	1	0	0	0	0	0	0
Studente 53	0	1	0	0	0	0	0
Studente 54	0	0	0	0	0	1	0
Studente 55	1	0	0	0	0	0	0
Studente 56	0	0	0	0	0	0	1
Studente 57	1	0	0	0	0	0	0
Studente 58	0	0	0	0	0	1	0
Studente 59	0	0	0	0	1	0	0
Studente 60	0	0	0	0	0	1	0
Studente 61	0	0	0	0	0	1	0
Studente 62	0	0	0	0	1	0	0
Studente 63	0	0	0	0	0	1	0
Studente 64	1	0	0	0	0	0	0
Studente 65	1	0	0	0	0	0	0
Studente 66	0	0	1	0	0	0	0
Studente 67	0	0	0	0	0	1	0
Studente 68	0	0	0	0	0	1	0
Studente 69	1	0	0	0	0	0	
Studente 70	0	0	0	0	0	1	0
Studente 71	0	0	0	0	1	0	0

Tabella a79 – Valutazione quantitativa delle risposte aperte. Percorso 1, classi terze, questionario in entrata

Scegli tra le seguenti due strutture quella che meglio rappresenta la forma della molecola SCl_2 :



La ragione della tua scelta è:

1. La forma della molecola è determinata dalla repulsione tra le coppie di elettroni di legame e di non legame;
2. La forma della molecola è determinata dalla repulsione tra le coppie di elettroni di non legame;
3. I due legami S-Cl si respingono in modo uguale
4. Il cloro ha una elettronegatività più alta rispetto allo zolfo e questo influenza la forma della molecola.

Motiva la tua risposta:

STUDENTI	Risponde correttamente citando la teoria VSEPR e il confronto con la molecola d'acqua	Risponde correttamente con motivazioni casuali	Risponde correttamente e non motiva	Risponde in modo errato citando la VSEPR in modo sbagliato	Risponde in modo errato sostenendo che i due atomi di Cl si respingono o che la forma della molecola è determinata dalla polarità degli atomi	Risponde in modo errato e non motiva	Non risponde e non motiva
Studente 1	0	0	0	0	0	1	0
Studente 2	0	0	0	0	0	0	1
Studente 3	1	0	0	0	0	0	0
Studente 4	0	0	1	0	0	0	0
Studente 5	0	0	1	0	0	0	0
Studente 6	0	0	0	1	0	0	0
Studente 7	0	0	1	0	0	0	0
Studente 8	0	0	1	0	0	0	0
Studente 9	0	0	0	1	0	0	0

Studente 10	0	0	0	1	0	0	0
Studente 11	0	0	0	0	0	1	0
Studente 12	0	0	0	1	0	0	0
Studente 13	0	0	0	0	0	1	0
Studente 14	0	0	0	0	0	1	0
Studente 15	0	0	0	0	0	1	0
Studente 16	0	0	0	1	0	0	0
Studente 17	0	0	0	1	0	0	0
Studente 18	0	0	0	0	0	1	0
Studente 19	0	0	0	0	0	1	0
Studente 20	1	0	0	0	0	0	0
Studente 21	0	0	0	1	0	0	0
Studente 22	1	0	0	0	0	0	0
Studente 23	1	0	0	0	0	0	0
Studente 24	1	0	0	0	0	0	0
Studente 25	1	0	0	0	0	0	0
Studente 26	1	0	0	0	0	0	0
Studente 27	1	0	0	0	0	0	0
Studente 28	1	0	0	0	0	0	0
Studente 29	1	0	0	0	0	0	0
Studente 30	1	0	0	0	0	0	0
Studente 31	0	0	0	1	0	0	0
Studente 32	0	0	0	0	0	1	0
Studente 33	1	0	0	0	0	0	0
Studente 34	0	0	0	1	0	0	0
Studente 35	0	0	0	0	0	1	0
Studente 36	0	0	0	0	0	1	0
Studente 37	0	0	0	1	0	0	0
Studente 38	1	0	0	0	0	0	0
Studente 39	0	0	0	0	0	1	0
Studente 40	0	0	0	0	0	1	0

Studente 41	0	0	0	0	0	1	0
Studente 42	0	0	0	1	0	0	0
Studente 43	0	0	0	0	0	1	0
Studente 44	0	0	0	0	0	1	0
Studente 45	0	0	0	0	0	1	0
Studente 46	1	0	0	0	0	0	0
Studente 47	0	0	0	0	0	1	0
Studente 48	0	0	0	0	0	1	0
Studente 49	0	0	0	0	0	1	0
Studente 50	1	0	0	0	0	0	0
Studente 51	0	0	0	0	0	1	0
Studente 52	0	0	0	0	1	0	0
Studente 53	0	0	0	0	0	1	0
Studente 54	0	0	1	0	0	0	0
Studente 55	0	0	0	0	0	0	1
Studente 56	0	0	0	0	0	1	0
Studente 57	0	0	0	1	0	0	0
Studente 58	0	0	0	1	0	0	0
Studente 59	1	0	0	0	0	0	0
Studente 60	0	0	0	0	0	1	0
Studente 61	0	0	0	0	0	1	0
Studente 62	0	0	0	1	0	0	0
Studente 63	0	0	0	1	0	0	0
Studente 64	0	0	0	0	0	1	0
Studente 65	0	0	0	0	0	1	0
Studente 66	0	0	0	1	0	0	0
Studente 67	1	0	0	0	0	0	0
Studente 68	0	0	0	1	0	0	0
Studente 69	0	0	0	0	0	1	0
Studente 70	0	0	0	0	0	1	0
Studente 71	1	0	0	0	0	0	0

Tabella a80 – Valutazione quantitativa delle risposte aperte. Percorso 1, classi terze, questionario in entrata

Il cloruro di magnesio (MgCl_2) è un composto ionico, mentre il cloruro di titanio (TiCl_4) è un composto covalente. Quando una miscela di eguali quantità delle due sostanze viene riscaldata, la fase vapore conterrà:

(a) Uguali quantità dei due composti

(b) prevalentemente molecole di TiCl_4

La ragione della tua scelta è:

5. Perché la diversa natura di legami intramolecolari non influenza le forze intermolecolari;
6. Perché le forze di interazione tra molecole sono più deboli delle forze di attrazione fra ioni presenti nel sale fuso;
7. Perché è più facile rompere i legami covalenti e quindi portare in fase vapore atomi di titanio e di cloro;
8. Perché sono entrambi cloruri, quindi si comportano in modo simile.

Motiva la tua risposta:

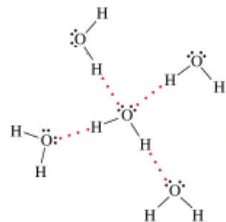
STUDENTI	Risponde correttamente indicando che per spezzare un legame intermolecolare ci vuole meno forza	Risponde correttamente ma non motiva	Risponde in modo errato indicando che il legame covalente è più forte e si rompe dopo	Risponde in modo errato ma non motiva	Non risponde e non motiva
Studente 1	0	0	1	0	0
Studente 2	0	0	0	1	0
Studente 3	0	0	0	1	0
Studente 4	0	0	0	1	0
Studente 5	0	0	0	1	0
Studente 6	0	0	0	0	1
Studente 7	0	0	0	1	0
Studente 8	0	0	0	0	1
Studente 9	0	0	0	1	0

Studente 10	0	0	1	0	0
Studente 11	0	0	0	1	0
Studente 12	0	0	0	1	0
Studente 13	0	0	0	1	0
Studente 14	0	0	0	1	0
Studente 15	0	0	0	0	1
Studente 16	0	0	0	1	0
Studente 17	0	0	0	1	0
Studente 18	0	0	0	1	0
Studente 19	0	1	0	0	0
Studente 20	0	0	1	0	0
Studente 21	0	0	0	0	1
Studente 22	0	0	1	0	0
Studente 23	0	0	1	0	0
Studente 24	0	0	1	0	0
Studente 25	0	0	0	1	0
Studente 26	0	0	0	1	0
Studente 27	1	0	0	0	0
Studente 28	0	0	1	0	0
Studente 29	0	0	0	1	0
Studente 30	0	0	1	0	0
Studente 31	0	0	1	0	0
Studente 32	0	0	0	1	0
Studente 33	0	0	1	0	0
Studente 34	0	0	0	0	1
Studente 35	0	0	0	1	0
Studente 36	0	0	1	0	0
Studente 37	0	0	1	0	0
Studente 38	0	0	1	0	0
Studente 39	0	0	1	0	0
Studente 40	0	1	0	0	0

Studente 41	0	0	1	0	0
Studente 42	0	0	0	0	1
Studente 43	0	0	1	0	0
Studente 44	0	0	0	0	1
Studente 45	0	0	0	0	1
Studente 46	0	0	1	0	0
Studente 47	0	0	0	0	1
Studente 48	0	1	0	0	0
Studente 49	0	0	1	0	0
Studente 50	1	0	0	0	0
Studente 51	0	0	0	0	1
Studente 52	0	1	0	0	0
Studente 53	0	1	0	0	0
Studente 54	0	0	0	0	1
Studente 55	0	0	1	0	0
Studente 56	0	0	0	0	1
Studente 57	0	0	1	0	0
Studente 58	0	0	1	0	0
Studente 59	0	0	0	0	1
Studente 60	0	1	0	0	0
Studente 61	0	1	0	0	0
Studente 62	0	0	1	0	0
Studente 63	1	0	0	0	0
Studente 64	0	0	0	1	0
Studente 65	0	1	0	0	0
Studente 66	0	0	1	0	0
Studente 67	0	0	0	0	1
Studente 68	0	0	1	0	0
Studente 69	0	0	0	0	1
Studente 70	0	0	0	1	0
Studente 71	0	0	1	0	0

Tabella a81 – Valutazione quantitativa delle risposte aperte. Percorso 1, classi terze, questionario in entrata

Considera la seguente immagine:



quale delle seguenti affermazioni descrive meglio il significato della linea tratteggiata?

1. Rappresenta un legame debole tra le molecole;
2. Rappresenta un legame a idrogeno;
3. Rappresenta una forza di attrazione dipolo-dipolo, perché l'acqua è una molecola polare;
4. Rappresenta un legame dativo tra le molecole d'acqua.

Motiva la tua risposta:

STUDENTI	Risponde correttamente indicando che l'ossigeno è caricato negativamente e l'idrogeno positivamente, l'acqua è polare, le cariche opposte si attraggono, è un legame tipico dell'acqua	Risponde correttamente indicando solo che si forma un legame a idrogeno, senza citare la polarità	Risponde correttamente e non motiva	Risponde in modo errato citando il legame dativo	Risponde in modo errato citando la poca stabilità del legame	Risponde in modo errato e non motiva	non risponde e non motiva	Risponde correttamente indicando che l'ossigeno è caricato negativamente e l'idrogeno positivamente, l'acqua è polare, le cariche opposte si attraggono, è un legame	Risponde correttamente indicando solo che si forma un legame a idrogeno, senza citare la polarità
----------	--	---	-------------------------------------	--	--	--------------------------------------	---------------------------	--	---

								tipico dell'acqua	
Studente 1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 2	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 3	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 4	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 5	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 6	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 7	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 8	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 9	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 10	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 11	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 12	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 13	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 14	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 15	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 16	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 17	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 18	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 19	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 20	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 21	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Studente 22	0	1	0	0	0	0	0	0	1

Studente 23	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Studente 24	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Studente 25	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 26	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Studente 27	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Studente 28	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Studente 29	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 30	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 31	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Studente 32	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 33	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 34	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Studente 35	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 36	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 37	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 38	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 39	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Studente 40	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 41	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 42	1	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 43	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Studente 44	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Studente 45	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 46	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Studente 47	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 48	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 49	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Studente 50	1	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 51	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 52	1	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 53	0	0	1	0	0	0	0	0	0

Studente 54	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 55	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 56	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 57	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Studente 58	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Studente 59	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 60	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 61	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 62	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 63	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 64	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 65	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 66	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 67	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Studente 68	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 69	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 70	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 71	0	1	0	0	0	0	0	0	1

Tabella a82 – Valutazione quantitativa delle risposte aperte. Percorso 1, classi prime, questionario in entrata

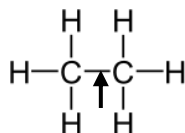
<p>Un atomo di carbonio forma una molecola con l'idrogeno; scegli tra le due possibilità quella che secondo te esiste in natura: (a) CH_4 (b) CH_2</p> <p>La ragione della tua scelta è (fra le seguenti scegli quella che ti sembra più adatta):</p> <p>5. La (a) perchè nella molecola, entrambi gli atomi C e H hanno completato il loro guscio esterno. 6. La (a) perchè nella molecola l'atomo di C completa il guscio. 7. La (b) perchè l'idrogeno esiste come H_2 8. La (a) perchè il C ha numero di ossidazione +4</p>							
STUDENTI	Risponde correttamente a entrambe le opzioni. Nella risposta possono essere citati l'ottetto, la stabilità di entrambi gli atomi, il completamento di entrambi i gusci esterni	Risponde correttamente alla prima scelta ma non alla motivazione. Nella risposta viene citata solo la stabilità del C	Risponde in modo errato ad entrambe le opzioni citando che in natura l'idrogeno si trova sotto forma di H_2	Risponde in modo errato con motivazioni casuali	Risponde correttamente e non motiva	Risponde in modo errato e non motiva	Non risponde nemmeno alla scelta multipla
Studente 72	0	0	0	0	0	1	0
Studente 73	0	0	0	0	0	1	0
Studente 74	0	0	0	0	0	1	0
Studente 75	0	0	0	0	0	1	0
Studente 76	0	0	1	0	0	0	0
Studente 77	0	0	0	0	1	0	0
Studente 78	0	0	0	0	0	1	0
Studente 79	0	0	0	0	0	1	0
Studente 80	0	0	0	0	0	1	0
Studente 81	0	0	0	0	0	1	0
Studente 82	0	0	0	0	0	1	0

Studente 83	0	0	0	0	0	1	0
Studente 84	0	0	0	0	0	1	0
Studente 85	0	0	0	0	0	1	0
Studente 86	0	0	0	0	0	1	0
Studente 87	0	0	0	0	0	1	0
Studente 88	0	0	0	0	0	1	0
Studente 89	0	0	0	0	0	1	0
Studente 90	0	0	0	0	0	1	0
Studente 91	0	0	0	0	0	1	0
Studente 92	0	0	1	0	0	0	0
Studente 93	0	0	0	0	1	0	0
Studente 94	0	0	0	0	0	1	0
Studente 95	0	0	0	0	0	1	0
Studente 96	0	0	0	0	0	1	0
Studente 97	0	0	0	0	0	1	0
Studente 98	0	0	0	0	0	1	0
Studente 99	0	0	0	0	0	1	0
Studente 100	0	0	0	0	0	1	0
Studente 101	0	0	0	0	0	1	0
Studente 102	0	0	0	0	0	1	0
Studente 103	0	0	0	0	0	1	0
Studente 104	0	0	0	0	1	0	0
Studente 105	0	0	0	0	0	1	0
Studente 106	0	0	0	0	0	1	0
Studente 107	0	0	0	0	0	1	0
Studente 108	0	0	0	0	0	1	0
Studente 109	0	0	0	0	0	1	0
Studente 110	0	0	0	0	0	1	0
Studente 111	0	0	1	0	0	0	0
Studente 112	0	0	0	0	1	0	0
Studente 113	0	0	0	0	0	1	0

Studente 114	0	0	0	0	0	1	0
Studente 115	0	0	0	0	0	1	0
Studente 116	0	0	0	0	0	1	0
Studente 117	0	0	0	0	0	1	0
Studente 118	0	0	0	0	0	1	0
Studente 119	0	0	0	0	0	1	0
Studente 120	0	0	0	0	0	1	0
Studente 121	0	0	0	0	0	1	0
Studente 122	0	0	0	0	0	1	0
Studente 123	0	0	0	0	1	0	0
Studente 124	0	0	0	0	0	1	0
Studente 125	0	0	0	0	0	1	0
Studente 126	0	0	0	0	0	1	0
Studente 127	0	0	0	0	0	1	0
Studente 128	0	0	0	0	0	1	0
Studente 129	0	0	0	0	0	1	0
Studente 130	0	0	1	0	0	0	0
Studente 131	0	0	0	0	1	0	0
Studente 132	0	0	0	0	0	1	0
Studente 133	0	0	0	0	0	1	0

Tabella a83 – Valutazione quantitativa delle risposte aperte. Percorso 1, classi prime, questionario in entrata

Considera la seguente formula di struttura della molecola di etano, quale delle seguenti affermazioni descrive meglio il significato della linea indicata dalla freccia?



5. rappresenta un legame covalente singolo in cui ciascuno dei due atomi di C contribuisce con 1 elettrone alla formazione di una coppia di elettroni tra i due nuclei;
6. rappresenta un legame covalente singolo in cui un atomo di C dona 1 elettrone all'altro atomo di C;
7. rappresenta un legame chimico tra i due atomi di C;
8. rappresenta un legame ionico tra i due atomi di C.

Motiva la tua risposta:

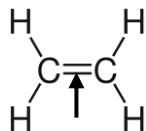
STUDENTI	Risponde correttamente e individua il legame covalente singolo che si forma perché ciascun atomo di C mette in condivisione un elettrone, formando una coppia condivisa	Risponde correttamente ma identifica un solo elettrone condiviso e quindi parla di un solo atomo di C	Risponde correttamente ma non motiva la sua risposta	Risponde correttamente con motivazioni casuali	Risponde in modo errato e non motiva	Risponde in modo errato e da motivazioni casuali	Non risponde alla scelta multipla e non motiva
Studente 72	0	0	1	0	0	0	0
Studente 73	0	0	0	0	1	0	0
Studente 74	0	0	0	0	1	0	0
Studente 75	0	0	1	0	0	0	0
Studente 76	0	0	0	0	1	0	0
Studente 77	0	0	0	0	1	0	0

Studente 78	0	0	0	0	1	0	0
Studente 79	0	0	0	0	1	0	0
Studente 80	0	0	1	0	0	0	0
Studente 81	0	0	0	0	1	0	0
Studente 82	0	0	0	0	1	0	0
Studente 83	0	0	0	0	1	0	0
Studente 84	0	0	1	0	0	0	0
Studente 85	0	0	0	0	1	0	0
Studente 86	0	0	0	0	1	0	0
Studente 87	0	0	0	0	1	0	0
Studente 88	0	0	1	0	0	0	0
Studente 89	0	0	0	0	1	0	0
Studente 90	0	0	0	0	1	0	0
Studente 91	0	0	1	0	0	0	0
Studente 92	0	0	0	0	1	0	0
Studente 93	0	0	0	0	1	0	0
Studente 94	0	0	0	0	1	0	0
Studente 95	0	0	0	0	1	0	0
Studente 96	0	0	1	0	0	0	0
Studente 97	0	0	0	0	1	0	0
Studente 98	0	0	0	0	1	0	0
Studente 99	0	0	0	0	1	0	0
Studente 100	0	0	1	0	0	0	0
Studente 101	0	0	0	0	1	0	0
Studente 102	0	0	1	0	0	0	0
Studente 103	0	0	0	0	1	0	0
Studente 104	0	0	0	0	1	0	0
Studente 105	0	0	0	0	1	0	0
Studente 106	0	0	0	0	1	0	0
Studente 107	0	0	1	0	0	0	0
Studente 108	0	0	0	0	1	0	0

Studente 109	0	0	0	0	1	0	0
Studente 110	0	0	1	0	0	0	0
Studente 111	0	0	0	0	1	0	0
Studente 112	0	0	0	0	1	0	0
Studente 113	0	0	0	0	1	0	0
Studente 114	0	0	0	0	1	0	0
Studente 115	0	0	1	0	0	0	0
Studente 116	0	0	0	0	1	0	0
Studente 117	0	0	0	0	1	0	0
Studente 118	0	0	0	0	1	0	0
Studente 119	0	0	1	0	0	0	0
Studente 120	0	0	0	0	1	0	0
Studente 121	0	0	1	0	0	0	0
Studente 122	0	0	0	0	1	0	0
Studente 123	0	0	0	0	1	0	0
Studente 124	0	0	0	0	1	0	0
Studente 125	0	0	0	0	1	0	0
Studente 126	0	0	1	0	0	0	0
Studente 127	0	0	0	0	1	0	0
Studente 128	0	0	0	0	1	0	0
Studente 129	0	0	1	0	0	0	0
Studente 130	0	0	0	0	1	0	0
Studente 131	0	0	0	0	1	0	0
Studente 132	0	0	0	0	1	0	0
Studente 133	0	0	0	0	1	0	0

Tabella a84 – Valutazione quantitativa delle risposte aperte. Percorso 1, classi prime, questionario in entrata

Considera la seguente formula di struttura della molecola di etene, quale delle seguenti affermazioni descrive in maniera più accurata il significato delle due linee indicate dalla freccia?



5. rappresenta un legame covalente doppio in cui due atomi di C contribuiscono ciascuno con 2 elettroni alla formazione di due coppie di elettroni di legame;
6. rappresenta un legame chimico doppio tra due atomi di C;
7. rappresenta un legame covalente doppio in cui un atomo di C dona 2 elettroni all'altro atomo di C;
8. rappresenta un legame ionico doppio tra i due atomi di C.

Motiva la tua risposta:

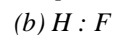
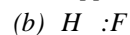
STUDENTI	Risponde correttamente e individua il legame covalente doppio che si forma perché ciascun atomo di C mette in condivisione due elettroni, formando due coppia condivisa	Risponde correttamente ma identifica due elettroni condivisi e quindi parla di un solo atomo di C	Risponde correttamente ma non motiva la sua risposta	risponde correttamente con motivazioni casuali	Risponde in modo errato e non motiva	Non risponde alla scelta multipla e non motiva
Studente 72	0	0	1	0	0	0
Studente 73	0	0	0	0	1	0
Studente 74	0	0	0	0	1	0
Studente 75	0	0	1	0	0	0
Studente 76	0	0	0	0	1	0
Studente 77	0	0	1	0	0	0
Studente 78	0	0	0	0	1	0

Studente 79	0	0	1	0	0	0
Studente 80	0	0	1	0	0	0
Studente 81	0	0	1	0	0	0
Studente 82	0	0	0	0	1	0
Studente 83	0	0	0	0	1	0
Studente 84	0	0	0	0	1	0
Studente 85	0	0	1	0	0	0
Studente 86	0	0	1	0	0	0
Studente 87	0	0	1	0	0	0
Studente 88	0	0	1	0	0	0
Studente 89	0	0	0	0	1	0
Studente 90	0	0	0	0	1	0
Studente 91	0	0	1	0	0	0
Studente 92	0	0	0	0	1	0
Studente 93	0	0	1	0	0	0
Studente 94	0	0	0	0	1	0
Studente 95	0	0	1	0	0	0
Studente 96	0	0	1	0	0	0
Studente 97	0	0	1	0	0	0
Studente 98	0	0	0	0	1	0
Studente 99	0	0	0	0	1	0
Studente 100	0	0	0	0	1	0
Studente 101	0	0	1	0	0	0
Studente 102	0	0	1	0	0	0
Studente 103	0	0	0	0	1	0
Studente 104	0	0	0	0	1	0
Studente 105	0	0	1	0	0	0
Studente 106	0	0	1	0	0	0
Studente 107	0	0	1	0	0	0
Studente 108	0	0	0	0	1	0
Studente 109	0	0	0	0	1	0

Studente 110	0	0	1	0	0	0
Studente 111	0	0	0	0	1	0
Studente 112	0	0	1	0	0	0
Studente 113	0	0	0	0	1	0
Studente 114	0	0	1	0	0	0
Studente 115	0	0	1	0	0	0
Studente 116	0	0	1	0	0	0
Studente 117	0	0	0	0	1	0
Studente 118	0	0	0	0	1	0
Studente 119	0	0	0	0	1	0
Studente 120	0	0	1	0	0	0
Studente 121	0	0	1	0	0	0
Studente 122	0	0	0	0	1	0
Studente 123	0	0	0	0	1	0
Studente 124	0	0	1	0	0	0
Studente 125	0	0	1	0	0	0
Studente 126	0	0	1	0	0	0
Studente 127	0	0	0	0	1	0
Studente 128	0	0	0	0	1	0
Studente 129	0	0	1	0	0	0
Studente 130	0	0	0	0	1	0
Studente 131	0	0	1	0	0	0
Studente 132	0	0	0	0	1	0
Studente 133	0	0	1	0	0	0

Tabella a85 – Valutazione quantitativa delle risposte aperte. Percorso 1, classi prime, questionario in entrata

In quale delle seguenti immagini è rappresentata più accuratamente la posizione della coppia di elettroni condivisa nella molecola HF?



La ragione della tua scelta è:

5. *Gli elettroni di non legame influenzano la posizione delle coppie di elettroni di legame o condivise;*
6. *L'atomo di idrogeno e quello di fluoro formano un legame covalente e quindi la coppia di elettroni deve essere localizzata alla stessa distanza tra i due atomi;*
7. *Il fluoro ha un'attrazione maggiore per la coppia di elettroni condivisa;*
8. *Il fluoro è più grande dei due atomi e quindi esercita un maggiore controllo sulla coppia di elettroni condivisa.*

Motiva la tua risposta:

STUDENTI	Risponde correttamente e nella risposta viene citata la maggiore elettronegatività del fluoro, intesa anche come differenza di elettronegatività, o la presenza di un legame covalente polare.	Risponde correttamente ma la maggiore forza di attrazione del fluoro viene attribuita alla presenza di più elettroni o alla dimensione del fluoro e alla sua posizione nella tavola periodica	Risponde correttamente ma non motiva	Risponde in modo errato motivando con la maggiore dimensione del fluoro	Risponde in modo errato con motivazioni casuali	Risponde in modo errato e non motiva	Non risponde alla prima parte e non motiva
Studente 72	0	0	1	0	0	0	0
Studente 73	0	0	1	0	0	0	0
Studente 74	0	0	0	0	0	1	0
Studente 75	0	0	0	0	0	1	0
Studente 76	0	0	0	0	0	1	0
Studente 77	0	0	0	0	0	1	0
Studente 78	0	0	0	0	0	1	0
Studente 79	0	0	0	0	0	1	0
Studente 80	0	0	0	0	0	1	0
Studente 81	0	0	1	0	0	0	0

Studente 82	0	0	0	0	0	1	0
Studente 83	0	0	0	0	0	1	0
Studente 84	0	0	0	0	0	1	0
Studente 85	0	0	0	0	0	1	0
Studente 86	0	0	1	0	0	0	0
Studente 87	0	0	1	0	0	0	0
Studente 88	0	0	1	0	0	0	0
Studente 89	0	0	1	0	0	0	0
Studente 90	0	0	0	0	0	1	0
Studente 91	0	0	0	0	0	1	0
Studente 92	0	0	0	0	0	1	0
Studente 93	0	0	0	0	0	1	0
Studente 94	0	0	0	0	0	1	0
Studente 95	0	0	0	0	0	1	0
Studente 96	0	0	0	0	0	1	0
Studente 97	0	0	1	0	0	0	0
Studente 98	0	0	0	0	0	1	0
Studente 99	0	0	0	0	0	1	0
Studente 100	0	0	0	0	0	1	0
Studente 101	0	0	0	0	0	1	0
Studente 102	0	0	0	0	0	1	0
Studente 103	0	0	0	0	0	1	0
Studente 104	0	0	0	0	0	1	0
Studente 105	0	0	1	0	0	0	0
Studente 106	0	0	1	0	0	0	0
Studente 107	0	0	1	0	0	0	0
Studente 108	0	0	1	0	0	0	0
Studente 109	0	0	0	0	0	1	0
Studente 110	0	0	0	0	0	1	0
Studente 111	0	0	0	0	0	1	0
Studente 112	0	0	0	0	0	1	0

Studente 113	0	0	0	0	0	1	0
Studente 114	0	0	0	0	0	1	0
Studente 115	0	0	0	0	0	1	0
Studente 116	0	0	1	0	0	0	0
Studente 117	0	0	0	0	0	1	0
Studente 118	0	0	0	0	0	1	0
Studente 119	0	0	0	0	0	1	0
Studente 120	0	0	0	0	0	1	0
Studente 121	0	0	0	0	0	1	0
Studente 122	0	0	0	0	0	1	0
Studente 123	0	0	0	0	0	1	0
Studente 124	0	0	1	0	0	0	0
Studente 125	0	0	1	0	0	0	0
Studente 126	0	0	1	0	0	0	0
Studente 127	0	0	1	0	0	0	0
Studente 128	0	0	0	0	0	1	0
Studente 129	0	0	0	0	0	1	0
Studente 130	0	0	0	0	0	1	0
Studente 131	0	0	0	0	0	1	0
Studente 132	0	0	0	0	0	1	0
Studente 133	0	0	0	0	0	1	0

Tabella a86 – Valutazione quantitativa delle risposte aperte. Percorso 1, classi prime, questionario in entrata

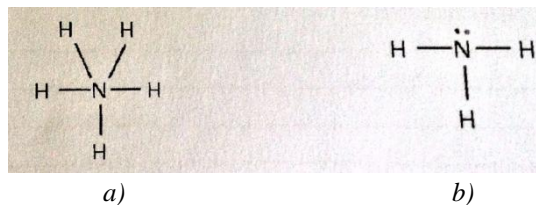
<p>Se del sodio (Na) metallico riscaldato viene a contatto con del cloro gassoso (Cl_2), avviene una violenta reazione in cui si forma una sostanza bianca, il cloruro di sodio (NaCl). Scegli tra le seguenti la migliore rappresentazione del composto che si forma:</p> <p>(a) Na-Cl (b) Na^+Cl^-</p> <p>La ragione della mia scelta alla domanda precedente è:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Perché entrambi gli atomi raggiungono l'ottetto; 2. Perché per formare un composto, si deve formare un legame covalente; 3. Perché un elettrone è trasferito dal Sodio al Cloro formando un legame ionico; 4. Perché avviene una reazione redox. 							
STUDENTI	Risponde correttamente, citando uno dei seguenti fattori: differenza di elettronegatività maggiore di 1,9, legame ionico con identificazione del trasferimento elettronico, maggiore elettronegatività del cloro, minore elettronegatività del sodio	Risponde correttamente e parla di legame ionico o di presenza di ioni ma senza citare il trasferimento elettronico	Risponde correttamente ma non motiva	Risponde in modo errato citando che gli atomi raggiungono l'ottetto, oppure che si forma un composto o la differenza di elettronegatività	Risponde in modo errato con motivazioni casuali	Risponde in modo errato e non motiva	Non risponde e non motiva
Studente 72	0	0	0	0	0	1	0
Studente 73	0	0	0	0	0	1	0
Studente 74	0	0	0	0	0	1	0
Studente 75	0	0	0	0	0	1	0
Studente 76	0	0	0	0	0	1	0
Studente 77	0	0	0	0	0	1	0
Studente 78	0	0	0	0	0	1	0
Studente 79	0	0	0	0	0	1	0
Studente 80	0	0	0	0	0	1	0
Studente 81	0	0	0	0	0	1	0

Studente 82	0	0	0	0	0	1	0
Studente 83	0	0	0	0	0	1	0
Studente 84	0	0	0	0	0	1	0
Studente 85	0	0	0	0	0	1	0
Studente 86	0	0	0	0	0	1	0
Studente 87	0	0	0	0	0	1	0
Studente 88	0	0	0	0	0	1	0
Studente 89	0	0	0	0	0	1	0
Studente 90	0	0	0	0	0	1	0
Studente 91	0	0	0	0	0	1	0
Studente 92	0	0	0	0	0	1	0
Studente 93	0	0	0	0	0	1	0
Studente 94	0	0	0	0	0	1	0
Studente 95	0	0	0	0	0	1	0
Studente 96	0	0	0	0	0	1	0
Studente 97	0	0	0	0	0	1	0
Studente 98	0	0	0	0	0	1	0
Studente 99	0	0	0	0	0	1	0
Studente 100	0	0	0	0	0	1	0
Studente 101	0	0	0	0	0	1	0
Studente 102	0	0	0	0	0	1	0
Studente 103	0	0	0	0	0	1	0
Studente 104	0	0	0	0	0	1	0
Studente 105	0	0	0	0	0	1	0
Studente 106	0	0	0	0	0	1	0
Studente 107	0	0	0	0	0	1	0
Studente 108	0	0	0	0	0	1	0
Studente 109	0	0	0	0	0	1	0
Studente 110	0	0	0	0	0	1	0
Studente 111	0	0	0	0	0	1	0
Studente 112	0	0	0	0	0	1	0

Studente 113	0	0	0	0	0	1	0
Studente 114	0	0	0	0	0	1	0
Studente 115	0	0	0	0	0	1	0
Studente 116	0	0	0	0	0	1	0
Studente 117	0	0	0	0	0	1	0
Studente 118	0	0	0	0	0	1	0
Studente 119	0	0	0	0	0	1	0
Studente 120	0	0	0	0	0	1	0
Studente 121	0	0	0	0	0	1	0
Studente 122	0	0	0	0	0	1	0
Studente 123	0	0	0	0	0	1	0
Studente 124	0	0	0	0	0	1	0
Studente 125	0	0	0	0	0	1	0
Studente 126	0	0	0	0	0	1	0
Studente 127	0	0	0	0	0	1	0
Studente 128	0	0	0	0	0	1	0
Studente 129	0	0	0	0	0	1	0
Studente 130	0	0	0	0	0	1	0
Studente 131	0	0	0	0	0	1	0
Studente 132	0	0	0	0	0	1	0
Studente 133	0	0	0	0	0	1	0

Tabella a87 – Valutazione quantitativa delle risposte aperte. Percorso 1, classi prime, questionario in entrata

L'azoto è un elemento del V gruppo e forma un composto con l'idrogeno. Quale delle seguenti rappresenta la formula di struttura del composto?



La ragione della tua scelta è:

5. Perché l'atomo di azoto può condividere 5 coppie di elettroni;
6. Perché l'atomo di azoto condivide 3 coppie di elettroni per raggiungere l'ottetto;
7. Perché condividendo 5 elettroni non ci sono elettroni spaiati e l'atomo di azoto è stabile;
8. Perché gli elettroni accoppiati non formano legami.

Motiva la tua risposta:

STUDENTI	Risponde correttamente citando il raggiungimento dell'ottetto da parte dell'azoto, la necessità di formare 3 legami, la condivisione di 3 elettroni	Risponde correttamente con motivazioni casuali	Risponde correttamente ma non motiva	Risponde in modo errato ripetendo l'affermazione dell'ascolta multipla o che l'azoto deve condividere 5 elettroni	Risponde in modo errato e non motiva	Non risponde e non motiva
Studente 72	0	0	1	0	0	0
Studente 73	0	0	0	0	1	0
Studente 74	0	0	1	0	0	0
Studente 75	0	0	0	0	1	0
Studente 76	0	0	0	0	1	0

Studente 77	0	0	1	0	0	0
Studente 78	0	0	0	0	1	0
Studente 79	0	0	0	0	1	0
Studente 80	0	0	0	0	1	0
Studente 81	0	0	0	0	0	1
Studente 82	0	0	0	0	1	0
Studente 83	0	0	1	0	0	0
Studente 84	0	0	0	0	1	0
Studente 85	0	0	0	0	1	0
Studente 86	0	0	0	0	1	0
Studente 87	0	0	0	0	1	0
Studente 88	0	0	1	0	0	0
Studente 89	0	0	0	0	1	0
Studente 90	0	0	1	0	0	0
Studente 91	0	0	0	0	1	0
Studente 92	0	0	0	0	1	0
Studente 93	0	0	1	0	0	0
Studente 94	0	0	0	0	1	0
Studente 95	0	0	0	0	1	0
Studente 96	0	0	0	0	1	0
Studente 97	0	0	0	0	0	1
Studente 98	0	0	0	0	1	0
Studente 99	0	0	1	0	0	0
Studente 100	0	0	0	0	1	0
Studente 101	0	0	0	0	1	0
Studente 102	0	0	0	0	1	0
Studente 103	0	0	0	0	1	0
Studente 104	0	0	0	0	1	0
Studente 105	0	0	0	0	1	0
Studente 106	0	0	0	0	1	0
Studente 107	0	0	1	0	0	0

Studente 108	0	0	0	0	1	0
Studente 109	0	0	1	0	0	0
Studente 110	0	0	0	0	1	0
Studente 111	0	0	0	0	1	0
Studente 112	0	0	1	0	0	0
Studente 113	0	0	0	0	1	0
Studente 114	0	0	0	0	1	0
Studente 115	0	0	0	0	1	0
Studente 116	0	0	0	0	0	1
Studente 117	0	0	0	0	1	0
Studente 118	0	0	1	0	0	0
Studente 119	0	0	0	0	1	0
Studente 120	0	0	0	0	1	0
Studente 121	0	0	0	0	1	0
Studente 122	0	0	0	0	1	0
Studente 123	0	0	0	0	1	0
Studente 124	0	0	0	0	1	0
Studente 125	0	0	0	0	1	0
Studente 126	0	0	1	0	0	0
Studente 127	0	0	0	0	1	0
Studente 128	0	0	1	0	0	0
Studente 129	0	0	0	0	1	0
Studente 130	0	0	0	0	1	0
Studente 131	0	0	1	0	0	0
Studente 132	0	0	0	0	1	0
Studente 133	0	0	0	0	1	0

Tabella a88 – Valutazione quantitativa delle risposte aperte. Percorso 1, classi prime, questionario in entrata

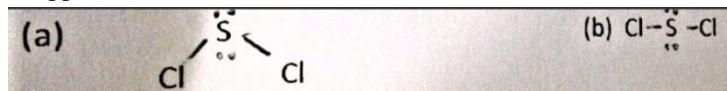
<p>B. La molecola dell'anidride carbonica CO_2, è polare?</p> <p>(b) SI (b) NO</p> <p>La ragione della tua scelta è:</p> <p>5. Perché è formata da legami covalenti polari</p> <p>6. Perché è formata da legami covalenti non polari</p> <p>7. Perché le polarità dei legami si annullano</p> <p>8. Perché le polarità dei legami non si annullano</p> <p>Motiva la tua risposta:</p>							
STUDENTI	Risponde correttamente e nella risposta sono indicati almeno uno dei seguenti fattori: molecola simmetrica, angolo di 180° , i vettori si annullano	Risponde correttamente e motiva in modo casuale	Risponde correttamente ma non motiva	Risponde in modo errato con motivazioni casuali	Risponde in modo errato indicando che la molecola è polare perché è formata da legami covalenti polari	Risponde in modo errato e non motiva	Non risponde e non motiva
Studente 72	0	0	0	0	0	1	0
Studente 73	0	0	0	0	0	1	0
Studente 74	0	0	0	0	0	1	0
Studente 75	0	0	0	0	0	1	0
Studente 76	0	0	0	0	0	1	0
Studente 77	0	0	0	0	0	1	0
Studente 78	0	0	0	0	0	1	0
Studente 79	0	0	0	0	0	1	0
Studente 80	0	0	0	0	0	1	0
Studente 81	0	0	0	0	0	0	1
Studente 82	0	0	0	0	0	1	0

Studente 83	0	0	0	0	0	1	0
Studente 84	0	0	0	0	0	1	0
Studente 85	0	0	1	0	0	0	0
Studente 86	0	0	1	0	0	0	0
Studente 87	0	0	1	0	0	0	0
Studente 88	0	0	0	0	0	1	0
Studente 89	0	0	0	0	0	1	0
Studente 90	0	0	0	0	0	1	0
Studente 91	0	0	0	0	0	1	0
Studente 92	0	0	0	0	0	1	0
Studente 93	0	0	0	0	0	1	0
Studente 94	0	0	0	0	0	1	0
Studente 95	0	0	0	0	0	1	0
Studente 96	0	0	0	0	0	1	0
Studente 97	0	0	0	0	0	0	1
Studente 98	0	0	0	0	0	1	0
Studente 99	0	0	0	0	0	1	0
Studente 100	0	0	0	0	0	1	0
Studente 101	0	0	1	0	0	0	0
Studente 102	0	0	0	0	0	1	0
Studente 103	0	0	1	0	0	0	0
Studente 104	0	0	0	0	0	1	0
Studente 105	0	0	1	0	0	0	0
Studente 106	0	0	1	0	0	0	0
Studente 107	0	0	0	0	0	1	0
Studente 108	0	0	0	0	0	1	0
Studente 109	0	0	0	0	0	1	0
Studente 110	0	0	0	0	0	1	0
Studente 111	0	0	0	0	0	1	0
Studente 112	0	0	0	0	0	1	0
Studente 113	0	0	0	0	0	1	0

Studente 114	0	0	0	0	0	1	0
Studente 115	0	0	0	0	0	1	0
Studente 116	0	0	0	0	0	0	1
Studente 117	0	0	0	0	0	1	0
Studente 118	0	0	0	0	0	1	0
Studente 119	0	0	0	0	0	1	0
Studente 120	0	0	1	0	0	0	0
Studente 121	0	0	0	0	0	1	0
Studente 122	0	0	1	0	0	0	0
Studente 123	0	0	0	0	0	1	0
Studente 124	0	0	1	0	0	0	0
Studente 125	0	0	1	0	0	0	0
Studente 126	0	0	0	0	0	1	0
Studente 127	0	0	0	0	0	1	0
Studente 128	0	0	0	0	0	1	0
Studente 129	0	0	0	0	0	1	0
Studente 130	0	0	0	0	0	1	0
Studente 131	0	0	0	0	0	1	0
Studente 132	0	0	0	0	0	1	0
Studente 133	0	0	0	0	0	1	0

Tabella a89 – Valutazione quantitativa delle risposte aperte. Percorso 1, classi prime, questionario in entrata

Scegli tra le seguenti due strutture quella che meglio rappresenta la forma della molecola SCl_2 :



La ragione della tua scelta è:

5. La forma della molecola è determinata dalla repulsione tra le coppie di elettroni di legame e di non legame;
6. La forma della molecola è determinata dalla repulsione tra le coppie di elettroni di non legame;
7. I due legami S-Cl si respingono in modo uguale
8. Il cloro ha una elettronegatività più alta rispetto allo zolfo e questo influenza la forma della molecola.

Motiva la tua risposta:

STUDENTI	Risponde correttamente citando la teoria VSEPR e il confronto con la molecola d'acqua	Risponde correttamente con motivazioni casuali	Risponde correttamente e non motiva	Risponde in modo errato citando la VSEPR in modo sbagliato	Risponde in modo errato sostenendo che i due atomi di Cl si respingono o che la forma della molecola è determinata dalla polarità degli atomi	Risponde in modo errato e non motiva	Non risponde e non motiva
Studente 72	0	0	0	0	0	1	0
Studente 73	0	0	0	0	0	1	0
Studente 74	0	0	0	0	0	1	0
Studente 75	0	0	0	0	0	1	0
Studente 76	0	0	0	0	0	1	0
Studente 77	0	0	0	0	0	1	0
Studente 78	0	0	0	0	0	1	0
Studente 79	0	0	0	0	0	1	0
Studente 80	0	0	0	0	0	1	0

Studente 81	0	0	0	0	0	1	0
Studente 82	0	0	0	0	0	1	0
Studente 83	0	0	0	0	0	1	0
Studente 84	0	0	0	0	0	1	0
Studente 85	0	0	0	0	0	1	0
Studente 86	0	0	0	0	0	1	0
Studente 87	0	0	0	0	0	1	0
Studente 88	0	0	0	0	0	1	0
Studente 89	0	0	0	0	0	1	0
Studente 90	0	0	0	0	0	1	0
Studente 91	0	0	0	0	0	1	0
Studente 92	0	0	0	0	0	1	0
Studente 93	0	0	1	0	0	0	0
Studente 94	0	0	0	0	0	1	0
Studente 95	0	0	0	0	0	1	0
Studente 96	0	0	0	0	0	1	0
Studente 97	0	0	0	0	0	1	0
Studente 98	0	0	0	0	0	1	0
Studente 99	0	0	0	0	0	1	0
Studente 100	0	0	0	0	0	1	0
Studente 101	0	0	0	0	0	1	0
Studente 102	0	0	1	0	0	0	0
Studente 103	0	0	0	0	0	1	0
Studente 104	0	0	0	0	0	1	0
Studente 105	0	0	0	0	0	1	0
Studente 106	0	0	0	0	0	1	0
Studente 107	0	0	0	0	0	1	0
Studente 108	0	0	0	0	0	1	0
Studente 109	0	0	0	0	0	1	0
Studente 110	0	0	0	0	0	1	0
Studente 111	0	0	0	0	0	1	0

Studente 112	0	0	1	0	0	0	0
Studente 113	0	0	0	0	0	1	0
Studente 114	0	0	0	0	0	1	0
Studente 115	0	0	0	0	0	1	0
Studente 116	0	0	0	0	0	1	0
Studente 117	0	0	0	0	0	1	0
Studente 118	0	0	0	0	0	1	0
Studente 119	0	0	0	0	0	1	0
Studente 120	0	0	0	0	0	1	0
Studente 121	0	0	1	0	0	0	0
Studente 122	0	0	0	0	0	1	0
Studente 123	0	0	0	0	0	1	0
Studente 124	0	0	0	0	0	1	0
Studente 125	0	0	0	0	0	1	0
Studente 126	0	0	0	0	0	1	0
Studente 127	0	0	0	0	0	1	0
Studente 128	0	0	0	0	0	1	0
Studente 129	0	0	0	0	0	1	0
Studente 130	0	0	0	0	0	1	0
Studente 131	0	0	1	0	0	0	0
Studente 132	0	0	0	0	0	1	0
Studente 133	0	0	0	0	0	1	0

Tabella a90 – Valutazione quantitativa delle risposte aperte. Percorso 1, classi prime, questionario in entrata

Il cloruro di magnesio (MgCl_2) è un composto ionico, mentre il cloruro di titanio (TiCl_4) è un composto covalente. Quando una miscela di eguali quantità delle due sostanze viene riscaldata, la fase vapore conterrà:

(a) Uguali quantità dei due composti

(b) prevalentemente molecole di TiCl_4

La ragione della tua scelta è:

9. Perché la diversa natura di legami intramolecolari non influenza le forze intermolecolari;
10. Perché le forze di interazione tra molecole sono più deboli delle forze di attrazione fra ioni presenti nel sale fuso;
11. Perché è più facile rompere i legami covalenti e quindi portare in fase vapore atomi di titanio e di cloro;
12. Perché sono entrambi cloruri, quindi si comportano in modo simile.

Motiva la tua risposta:

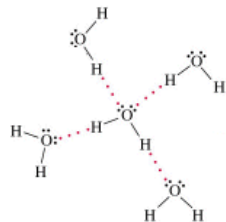
STUDENTI	Risponde correttamente indicando che per spezzare un legame intermolecolare ci vuole meno forza	Risponde correttamente ma non motiva	Risponde in modo errato indicando che il legame covalente è più forte e si rompe dopo	Risponde in modo errato con motivazioni casuali	Risponde in modo errato ma non motiva	Non risponde e non motiva
Studente 72	0	0	0	0	1	0
Studente 73	0	1	0	0	0	0
Studente 74	0	0	0	0	1	0
Studente 75	0	0	0	0	1	0
Studente 76	0	0	0	0	1	0
Studente 77	0	0	0	0	1	0
Studente 78	0	0	0	0	1	0
Studente 79	0	0	0	0	0	1
Studente 80	0	1	0	0	0	0

Studente 81	0	0	0	0	1	0
Studente 82	0	0	0	0	1	0
Studente 83	0	1	0	0	0	0
Studente 84	0	0	0	0	1	0
Studente 85	0	0	0	0	1	0
Studente 86	0	0	0	0	1	0
Studente 87	0	0	0	0	1	0
Studente 88	0	0	0	0	1	0
Studente 89	0	1	0	0	0	0
Studente 90	0	0	0	0	1	0
Studente 91	0	0	0	0	1	0
Studente 92	0	0	0	0	1	0
Studente 93	0	0	0	0	1	0
Studente 94	0	0	0	0	1	0
Studente 95	0	0	0	0	0	1
Studente 96	0	1	0	0	0	0
Studente 97	0	0	0	0	1	0
Studente 98	0	0	0	0	1	0
Studente 99	0	1	0	0	0	0
Studente 100	0	0	0	0	1	0
Studente 101	0	0	0	0	1	0
Studente 102	0	1	0	0	0	0
Studente 103	0	0	0	0	1	0
Studente 104	0	1	0	0	0	0
Studente 105	0	0	0	0	1	0
Studente 106	0	0	0	0	1	0
Studente 107	0	0	0	0	1	0
Studente 108	0	1	0	0	0	0
Studente 109	0	0	0	0	1	0
Studente 110	0	0	0	0	1	0
Studente 111	0	0	0	0	1	0

Studente 112	0	0	0	0	1	0
Studente 113	0	0	0	0	1	0
Studente 114	0	0	0	0	0	1
Studente 115	0	1	0	0	0	0
Studente 116	0	0	0	0	1	0
Studente 117	0	0	0	0	1	0
Studente 118	0	1	0	0	0	0
Studente 119	0	0	0	0	1	0
Studente 120	0	0	0	0	1	0
Studente 121	0	1	0	0	0	0
Studente 122	0	0	0	0	1	0
Studente 123	0	1	0	0	0	0
Studente 124	0	0	0	0	1	0
Studente 125	0	0	0	0	1	0
Studente 126	0	0	0	0	1	0
Studente 127	0	1	0	0	0	0
Studente 128	0	0	0	0	1	0
Studente 129	0	0	0	0	1	0
Studente 130	0	0	0	0	1	0
Studente 131	0	0	0	0	1	0
Studente 132	0	0	0	0	1	0
Studente 133	0	0	0	0	0	1

Tabella a92 – Valutazione quantitativa delle risposte aperte. Percorso 1, classi prime, questionario in entrata

Considera la seguente immagine:



quale delle seguenti affermazioni descrive meglio il significato della linea tratteggiata?

5. Rappresenta un legame debole tra le molecole;
6. Rappresenta un legame a idrogeno;
7. Rappresenta una forza di attrazione dipolo-dipolo, perché l'acqua è una molecola polare;
8. Rappresenta un legame dativo tra le molecole d'acqua.

Motiva la tua risposta:

STUDENTI	Risponde correttamente indicando che l'ossigeno è caricato negativamente e l'idrogeno positivamente, l'acqua è polare, le cariche opposte si attraggono, è un legame tipico dell'acqua	Risponde correttamente indicando solo che si forma un legame a idrogeno, senza citare la polarità	Risponde correttamente con motivazioni casuali	Risponde correttamente e non motiva	Risponde in modo errato citando il legame dativo	Risponde in modo errato citando la poca stabilità del legame	Risponde in modo errato e non motiva	Non risponde e non motiva
Studente 72	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 73	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 74	0	0	0	1	0	0	0	0

Studente 75	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 76	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 77	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 78	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 79	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 80	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 81	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 82	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 83	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 84	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 85	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 86	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 87	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 88	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 89	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 90	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 91	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 92	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 93	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 94	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 95	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 96	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 97	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 98	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 99	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 100	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 101	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 102	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 103	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 104	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 105	0	0	0	0	0	0	1	0

Studente 106	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 107	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 108	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 109	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 110	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 111	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 112	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 113	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 114	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 115	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 116	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 117	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 118	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 119	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 120	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 121	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 122	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 123	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 124	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 125	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 126	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 127	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 128	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 129	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 130	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 131	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 132	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 133	0	0	0	0	0	0	1	0

Tabella a93 – Valutazione quantitativa delle risposte aperte. Percorso 1, classi terze, questionario in uscita

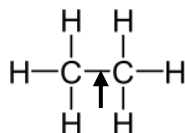
<p>Un atomo di carbonio forma una molecola con l'idrogeno; scegli tra le due possibilità quella che secondo te esiste in natura: (a) CH₄ (b) CH₂</p> <p>La ragione della tua scelta è (fra le seguenti scegli quella che ti sembra più adatta):</p> <p>9. La (a) perchè nella molecola, entrambi gli atomi C e H hanno completato il loro guscio esterno. 10. La (a) perchè nella molecola l'atomo di C completa il guscio. 11. La (b) perchè l'idrogeno esiste come H₂ 12. La (a) perchè il C ha numero di ossidazione +4</p>							
	Risponde correttamente a entrambe le opzioni. Nella risposta possono essere citati l'ottetto, la stabilità di entrambi gli atomi, il completamento di entrambi i gusci esterni	Risponde correttamente alla prima scelta ma non alla motivazione. Nella risposta viene citata solo la stabilità del C	Risponde in modo errato ad entrambe le opzioni citando che in natura l'idrogeno si trova sotto forma di H ₂	Risponde in modo errato con motivazioni casuali	Risponde correttamente e non motiva	Risponde in modo errato e non motiva	Non risponde nemmeno alla scelta multipla
Studente 1	0	1	0	0	0	0	0
Studente 2	0	1	0	0	0	0	0
Studente 3	0	1	0	0	0	0	0
Studente 4	1	0	0	0	0	0	0
Studente 5	0	1	0	0	0	0	0
Studente 6	0	1	0	0	0	0	0
Studente 7	0	1	0	0	0	0	0
Studente 8	0	0	0	0	1	0	0
Studente 9	0	1	0	0	0	0	0
Studente 10	0	1	0	0	0	0	0
Studente 11	0	1	0	0	0	0	0

Studente 12	0	1	0	0	0	0	0
Studente 13	0	1	0	0	0	0	0
Studente 14	0	1	0	0	0	0	0
Studente 15	0	0	0	0	1	0	0
Studente 16	0	1	0	0	0	0	0
Studente 17	1	0	0	0	0	0	0
Studente 18	0	0	0	0	1	0	0
Studente 19	0	1	0	0	0	0	0
Studente 20	1	0	0	0	0	0	0
Studente 21	0	1	0	0	0	0	0
Studente 22	0	1	0	0	0	0	0
Studente 23	0	1	0	0	0	0	0
Studente 24	1	0	0	0	0	0	0
Studente 25	1	0	0	0	0	0	0
Studente 26	0	1	0	0	0	0	0
Studente 27	0	1	0	0	0	0	0
Studente 28	1	0	0	0	0	0	0
Studente 29	1	0	0	0	0	0	0
Studente 30	1	0	0	0	0	0	
Studente 31	0	1	0	0	0	0	0
Studente 32	0	1	0	0	0	0	0
Studente 33	0	1	0	0	0	0	0
Studente 34	1	0	0	0	0	0	0
Studente 35	0	1	0	0	0	0	0
Studente 36	0	0	0	0	1	0	0
Studente 37	0	1	0	0	0	0	0
Studente 38	0	1	0	0	0	0	0
Studente 39	1	0	0	0	0	0	0
Studente 40	0	0	0	0	1	0	0
Studente 41	0	1	0	0	0	0	0
Studente 42	0	1	0	0	0	0	0

Studente 43	0	1	0	0	0	0	0
Studente 44	0	1	0	0	0	0	0
Studente 45	0	1	0	0	0	0	0
Studente 46	0	0	0	1	0	0	0
Studente 47	0	0	0	0	0	1	0
Studente 48	0	1	0	0	0	0	0
Studente 49	0	1	0	0	0	0	0
Studente 50	1	0	0	0	0	0	0
Studente 51	1	0	0	0	0	0	0
Studente 52	1	0	0	0	0	0	0
Studente 53	1	0	0	0	0	0	0
Studente 54	1	0	0	0	0	0	0
Studente 55	1	0	0	0	0	0	0
Studente 56	1	0	0	0	0	0	0
Studente 57	0	1	0	0	0	0	0
Studente 58	1	0	0	0	0	0	0
Studente 59	0	1	0	0	0	0	0
Studente 60	0	0	0	0	1	0	0
Studente 61	0	0	0	0	1	0	0
Studente 62	0	1	0	0	0	0	0
Studente 63	0	0	0	1	0	0	0
Studente 64	0	1	0	0	0	0	0
Studente 65	1	0	0	0	0	0	0
Studente 66	0	1	0	0	0	0	0
Studente 67	0	0	0	0	0	1	0
Studente 68	0	1	0	0	0	0	0
Studente 69	0	1	0	0	0	0	0
Studente 70	0	0	0	0	0	1	0
Studente 71	1	0	0	0	0	0	0

Tabella a94 – Valutazione quantitativa delle risposte aperte. Percorso 1, classi terze, questionario in uscita

Considera la seguente formula di struttura della molecola di etano, quale delle seguenti affermazioni descrive meglio il significato della linea indicata dalla freccia?



9. rappresenta un legame covalente singolo in cui ciascuno dei due atomi di C contribuisce con 1 elettrone alla formazione di una coppia di elettroni tra i due nuclei;
10. rappresenta un legame covalente singolo in cui un atomo di C dona 1 elettrone all'altro atomo di C;
11. rappresenta un legame chimico tra i due atomi di C;
12. rappresenta un legame ionico tra i due atomi di C.

Motiva la tua risposta:

STUDENTI	Risponde correttamente e individua il legame covalente singolo che si forma perché ciascun atomo di C mette in condivisione un elettrone, formando una coppia condivisa	Risponde correttamente ma identifica un solo elettrone condiviso e quindi parla di un solo atomo di C	Risponde correttamente ma non motiva la sua risposta	Risponde correttamente con motivazioni casuali	Risponde in modo errato e non motiva	Risponde in modo errato e da motivazioni casuali	Non risponde alla scelta multipla e non motiva
Studente 1	0	0	0	1	0	0	0
Studente 2	1	0	0	0	0	0	0
Studente 3	1	0	0	0	0	0	0
Studente 4	0	0	1	0	0	0	0
Studente 5	0	0	1	0	0	0	0
Studente 6	1	0	0	0	0	0	0

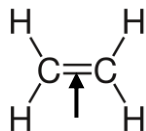
Studente 7	0	0	1	0	0	0	0
Studente 8	0	0	1	0	0	0	0
Studente 9	0	0	1	0	0	0	0
Studente 10	1	0	0	0	0	0	0
Studente 11	0	1	0	0	0	0	0
Studente 12	0	0	1	0	0	0	0
Studente 13	0	0	0	0	1	0	0
Studente 14	1	0	0	0	0	0	0
Studente 15	0	0	1	0	0	0	0
Studente 16	0	0	1	0	0	0	0
Studente 17	0	0	1	0	0	0	0
Studente 18	0	0	1	0	0	0	0
Studente 19	1	0	0	0	0	0	0
Studente 20	1	0	0	0	0	0	0
Studente 21	0	1	0	0	0	0	0
Studente 22	1	0	0	0	0	0	0
Studente 23	1	0	0	0	0	0	0
Studente 24	1	0	0	0	0	0	0
Studente 25	1	0	0	0	0	0	0
Studente 26	1	0	0	0	0	0	0
Studente 27	1	0	0	0	0	0	0
Studente 28	1	0	0	0	0	0	0
Studente 29	1	0	0	0	0	0	0
Studente 30	0	1	0	0	0	0	0
Studente 31	1	0	0	0	0	0	0
Studente 32	0	0	1	0	0	0	0
Studente 33	1	0	0	0	0	0	0
Studente 34	1	0	0	0	0	0	0
Studente 35	1	0	0	0	0	0	0
Studente 36	0	0	1	0	0	0	0
Studente 37	1	0	0	0	0	0	0

Studente 38	1	0	0	0	0	0	0
Studente 39	1	0	0	0	0	0	0
Studente 40	0	0	1	0	0	0	0
Studente 41	0	0	1	0	0	0	0
Studente 42	1	0	0	0	0	0	0
Studente 43	1	0	0	0	0	0	0
Studente 44	1	0	0	0	0	0	0
Studente 45	0	0	0	0	0	1	0
Studente 46	1	0	0	0	0	0	0
Studente 47	0	0	0	1	0	0	0
Studente 48	0	0	0	0	1	0	0
Studente 49	1	0	0	0	0	0	0
Studente 50	1	0	0	0	0	0	0
Studente 51	0	0	0	1	0	0	0
Studente 52	1	0	0	0	0	0	0
Studente 53	1	0	0	0	0	0	0
Studente 54	1	0	0	0	0	0	0
Studente 55	1	0	0	0	0	0	0
Studente 56	1	0	0	0	0	0	0
Studente 57	1	0	0	0	0	0	0
Studente 58	1	0	0	0	0	0	0
Studente 59	1	0	0	0	0	0	0
Studente 60	0	0	1	0	0	0	0
Studente 61	0	0	1	0	0	0	0
Studente 62	1	0	0	0	0	0	0
Studente 63	1	0	0	0	0	0	0
Studente 64	1	0	0	0	0	0	0
Studente 65	1	0	0	0	0	0	0
Studente 66	1	0	0	0	0	0	0
Studente 67	0	0	0	0	0	0	1
Studente 68	1	0	0	0	0	0	0

Studente 69	0	1	0	0	0	0	0
Studente 70	0	0	1	0	0	0	0
Studente 71	0	1	0	0	0	0	0

Tabella a95 – Valutazione quantitativa delle risposte aperte. Percorso 1, classi terze, questionario in uscita

Considera la seguente formula di struttura della molecola di etene, quale delle seguenti affermazioni descrive in maniera più accurata il significato delle due linee indicate dalla freccia?



9. rappresenta un legame covalente doppio in cui due atomi di C contribuiscono ciascuno con 2 elettroni alla formazione di due coppie di elettroni di legame;
10. rappresenta un legame chimico doppio tra due atomi di C;
11. rappresenta un legame covalente doppio in cui un atomo di C dona 2 elettroni all'altro atomo di C;
12. rappresenta un legame ionico doppio tra i due atomi di C.

Motiva la tua risposta:

STUDENTI	Risponde correttamente e individua il legame covalente doppio che si forma perché ciascun atomo di C mette in condivisione due elettroni, formando due coppia condivisa	Risponde correttamente ma identifica due elettroni condivisi e quindi parla di un solo atomo di C	Risponde correttamente ma non motiva la sua risposta	risponde correttamente con motivazioni casuali	Risponde in modo errato e non motiva	Non risponde alla scelta multipla e non motiva
Studente 1	1	0	0	0	0	0
Studente 2	0	0	1	0	0	0
Studente 3	0	0	1	0	0	0
Studente 4	0	0	1	0	0	0
Studente 5	0	1	0	0	0	0
Studente 6	0	1	0	0	0	0
Studente 7	0	0	1	0	0	0

Studente 8	0	0	1	0	0	0
Studente 9	0	0	1	0	0	0
Studente 10	1	0	0	0	0	0
Studente 11	0	0	0	1	0	0
Studente 12	0	0	1	0	0	0
Studente 13	0	0	1	0	0	0
Studente 14	0	0	1	0	0	0
Studente 15	0	1	0	0	0	0
Studente 16	0	0	1	0	0	0
Studente 17	1	0	0	0	0	0
Studente 18	0	0	1	0	0	0
Studente 19	0	0	0	0	1	0
Studente 20	0	1	0	0	0	0
Studente 21	0	0	0	0	1	0
Studente 22	0	1	0	0	0	0
Studente 23	1	0	0	0	0	0
Studente 24	1	0	0	0	0	0
Studente 25	0	1	0	0	0	0
Studente 26	1	0	0	0	0	0
Studente 27	1	0	0	0	0	0
Studente 28	1	0	0	0	0	0
Studente 29	1	0	0	0	0	0
Studente 30	0	1	0	0	0	0
Studente 31	0	1	0	0	0	0
Studente 32	0	0	1	0	0	0
Studente 33	1	0	0	0	0	0
Studente 34	1	0	0	0	0	0
Studente 35	0	0	0	1	0	0
Studente 36	0	0	1	0	0	0
Studente 37	0	1	0	0	0	0
Studente 38	0	1	0	0	0	0

Studente 39	0	1	0	0	0	0
Studente 40	0	0	1	0	0	0
Studente 41	0	0	1	0	0	0
Studente 42	1	0	0	0	0	0
Studente 43	0	1	0	0	0	0
Studente 44	1	0	0	0	0	0
Studente 45	0	0	1	0	0	0
Studente 46	1	0	0	0	0	0
Studente 47	0	0	1	0	0	0
Studente 48	0	0	1	0	0	0
Studente 49	0	1	0	0	0	0
Studente 50	1	0	0	0	0	0
Studente 51	1	0	0	0	0	0
Studente 52	0	1	0	0	0	0
Studente 53	1	0	0	0	0	0
Studente 54	0	1	0	0	0	0
Studente 55	1	0	0	0	0	0
Studente 56	0	1	0	0	0	0
Studente 57	1	0	0	0	0	0
Studente 58	0	0	0	0	1	0
Studente 59	0	1	0	0	0	0
Studente 60	0	0	1	0	0	0
Studente 61	0	0	1	0	0	0
Studente 62	1	0	0	0	0	0
Studente 63	1	0	0	0	0	0
Studente 64	1	0	0	0	0	0
Studente 65	1	0	0	0	0	0
Studente 66	1	0	0	0	0	0
Studente 67	0	0	0	0	0	1
Studente 68	0	0	0	1	0	0
Studente 69	0	1	0	0	0	0

Studente 70	0	0	1	0	0	0
Studente 71	1	0	0	0	0	0

Tabella a96 – Valutazione quantitativa delle risposte aperte. Percorso 1, classi terze, questionario in uscita

In quale delle seguenti immagini è rappresentata più accuratamente la posizione della coppia di elettroni condivisa nella molecola HF?

(c) $H : F$

(b) $H : F$

La ragione della tua scelta è:

9. Gli elettroni di non legame influenzano la posizione delle coppie di elettroni di legame o condivise;
10. L'atomo di idrogeno e quello di fluoro formano un legame covalente e quindi la coppia di elettroni deve essere localizzata alla stessa distanza tra i due atomi;
11. Il fluoro ha un'attrazione maggiore per la coppia di elettroni condivisa;
12. Il fluoro è più grande dei due atomi e quindi esercita un maggiore controllo sulla coppia di elettroni condivisa.

Motiva la tua risposta:

STUDENTI	Risponde correttamente e nella risposta viene citata la maggiore elettronegatività del fluoro, intesa anche come differenza di elettronegatività, o la presenza di un legame covalente polare.	Risponde correttamente ma la maggiore forza di attrazione del fluoro viene attribuita alla presenza di più elettroni o alla dimensione del fluoro e alla sua posizione nella tavola periodica	Risponde correttamente ma non motiva	Risponde in modo errato motivando con la maggiore dimensione del fluoro	Risponde in modo errato con motivazioni casuali	Risponde in modo errato e non motiva	Non risponde alla prima parte e non motiva
Studente 1	0	1	0	0	0	0	0
Studente 2	1	0	0	0	0	0	0
Studente 3	1	0	0	0	0	0	0
Studente 4	1	0	0	0	0	0	0
Studente 5	1	0	0	0	0	0	0
Studente 6	1	0	0	0	0	0	0
Studente 7	1	0	0	0	0	0	0
Studente 8	0	0	1	0	0	0	0
Studente 9	0	0	1	0	0	0	0
Studente 10	1	0	0	0	0	0	0

Studente 11	1	0	0	0	0	0	0
Studente 12	0	0	0	0	0	1	0
Studente 13	0	0	0	0	0	1	0
Studente 14	1	0	0	0	0	0	0
Studente 15	1	0	0	0	0	0	0
Studente 16	0	0	1	0	0	0	0
Studente 17	1	0	0	0	0	0	0
Studente 18	0	0	0	0	0	1	0
Studente 19	0	0	1	0	0	0	0
Studente 20	0	0	0	0	1	0	0
Studente 21	0	1	0	0	0	0	0
Studente 22	1	0	0	0	0	0	0
Studente 23	1	0	0	0	0	0	0
Studente 24	0	1	0	0	0	0	0
Studente 25	0	0	0	0	1	0	0
Studente 26	0	0	0	1	0	0	0
Studente 27	1	0	0	0	0	0	0
Studente 28	0	1	0	0	0	0	0
Studente 29	1	0	0	0	0	0	0
Studente 30	0	0	0	0	1	0	0
Studente 31	1	0	0	0	0	0	0
Studente 32	1	0	0	0	0	0	0
Studente 33	1	0	0	0	0	0	0
Studente 34	1	0	0	0	0	0	0
Studente 35	1	0	0	0	0	0	0
Studente 36	1	0	0	0	0	0	0
Studente 37	1	0	0	0	0	0	0
Studente 38	0	0	0	0	1	0	0
Studente 39	0	0	1	0	0	0	0
Studente 40	0	0	0	0	0	1	0
Studente 41	1	0	0	0	0	0	0

Studente 42	0	0	0	0	0	1	0
Studente 43	0	0	0	0	0	1	0
Studente 44	0	1	0	0	0	0	0
Studente 45	0	0	1	0	0	0	0
Studente 46	0	0	0	0	0	0	1
Studente 47	0	0	0	0	0	1	0
Studente 48	0	0	1	0	0	0	0
Studente 49	0	0	1	0	0	0	0
Studente 50	1	0	0	0	0	0	0
Studente 51	0	0	0	0	0	0	1
Studente 52	1	0	0	0	0	0	0
Studente 53	1	0	0	0	0	0	0
Studente 54	1	0	0	0	0	0	0
Studente 55	1	0	0	0	0	0	0
Studente 56	1	0	0	0	0	0	0
Studente 57	0	1	0	0	0	0	0
Studente 58	1	0	0	0	0	0	0
Studente 59	0	1	0	0	0	0	0
Studente 60	0	0	0	0	0	1	0
Studente 61	0	0	0	0	0	1	0
Studente 62	0	0	0	1	0	0	0
Studente 63	0	0	1	0	0	0	0
Studente 64	1	0	0	0	0	0	0
Studente 65	0	1	0	0	0	0	0
Studente 66	1	0	0	0	0	0	0
Studente 67	0	1	0	0	0	0	0
Studente 68	1	0	0	0	0	0	0
Studente 69	1	0	0	0	0	0	0
Studente 70	0	0	0	0	0	1	0
Studente 71	1	0	0	0	0	0	0

Tabella a97 – Valutazione quantitativa delle risposte aperte. Percorso 1, classi terze, questionario in uscita

Se del sodio (Na) metallico riscaldato viene a contatto con del cloro gassoso (Cl_2), avviene una violenta reazione in cui si forma una sostanza bianca, il cloruro di sodio (NaCl). Scegli tra le seguenti la migliore rappresentazione del composto che si forma:

(a) Na-Cl

(b) Na^+Cl^-

La ragione della mia scelta alla domanda precedente è:

5. Perché entrambi gli atomi raggiungono l'ottetto;
6. Perché per formare un composto, si deve formare un legame covalente;
7. Perché un elettrone è trasferito dal Sodio al Cloro formando un legame ionico;
8. Perché avviene una reazione redox.

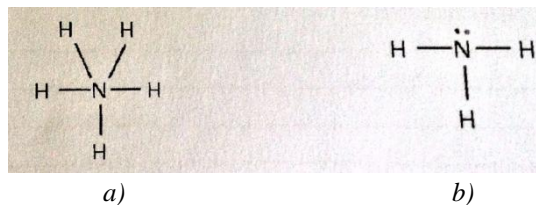
STUDENTI	Risponde correttamente, citando uno dei seguenti fattori: differenza di elettronegatività maggiore di 1,9, legame ionico con identificazione del trasferimento elettronico, maggiore elettronegatività del cloro, minore elettronegatività del sodio	Risponde correttamente e parla di legame ionico o di presenza di ioni ma senza citare il trasferimento elettronico	Risponde correttamente ma non motiva	Risponde in modo errato citando che gli atomi raggiungono l'ottetto, oppure che si forma un composto o la differenza di elettronegatività	Risponde in modo errato con motivazioni casuali	Risponde in modo errato e non motiva	Non risponde e non motiva
Studente 1	0	0	1	0	0	0	0
Studente 2	1	0	0	0	0	0	0
Studente 3	0	1	0	0	0	0	0
Studente 4	0	1	0	0	0	0	0
Studente 5	0	0	0	1	0	0	0
Studente 6	0	0	0	0	0	1	0
Studente 7	0	0	1	0	0	0	0
Studente 8	0	0	0	0	0	1	0
Studente 9	0	0	0	1	0	0	0
Studente 10	1	0	0	0	0	0	0

Studente 11	0	1	0	0	0	0	0
Studente 12	0	1	0	0	0	0	0
Studente 13	0	0	0	0	0	1	0
Studente 14	0	0	0	1	0	0	0
Studente 15	0	0	0	0	0	0	1
Studente 16	0	0	1	0	0	0	0
Studente 17	0	1	0	0	0	0	0
Studente 18	0	0	0	0	0	1	0
Studente 19	0	0	0	0	0	1	0
Studente 20	1	0	0	0	0	0	0
Studente 21	0	1	0	0	0	0	0
Studente 22	1	0	0	0	0	0	0
Studente 23	1	0	0	0	0	0	0
Studente 24	1	0	0	0	0	0	0
Studente 25	0	1	0	0	0	0	0
Studente 26	0	1	0	0	0	0	0
Studente 27	1	0	0	0	0	0	0
Studente 28	1	0	0	0	0	0	0
Studente 29	1	0	0	0	0	0	0
Studente 30	1	0	0	0	0	0	0
Studente 31	1	0	0	0	0	0	0
Studente 32	0	0	0	0	0	1	0
Studente 33	1	0	0	0	0	0	0
Studente 34	1	0	0	0	0	0	0
Studente 35	0	0	1	0	0	0	0
Studente 36	1	0	0	0	0	0	0
Studente 37	1	0	0	0	0	0	0
Studente 38	1	0	0	0	0	0	0
Studente 39	0	0	1	0	0	0	0
Studente 40	0	0	0	0	0	1	0
Studente 41	1	0	0	0	0	0	0

Studente 42	0	1	0	0	0	0	0
Studente 43	1	0	0	0	0	0	0
Studente 44	0	0	1	0	0	0	0
Studente 45	0	0	1	0	0	0	0
Studente 46	1	0	0	0	0	0	0
Studente 47	0	0	0	0	0	1	0
Studente 48	0	0	1	0	0	0	0
Studente 49	0	0	1	0	0	0	0
Studente 50	1	0	0	0	0	0	0
Studente 51	0	1	0	0	0	0	0
Studente 52	0	1	0	0	0	0	0
Studente 53	0	0	1	0	0	0	0
Studente 54	0	0	0	0	0	0	1
Studente 55	0	0	1	0	0	0	0
Studente 56	0	0	0	0	0	0	1
Studente 57	0	1	0	0	0	0	0
Studente 58	0	0	0	1	0	0	0
Studente 59	1	0	0	0	0	0	0
Studente 60	0	0	1	0	0	0	0
Studente 61	0	0	1	0	0	0	0
Studente 62	0	0	1	0	0	0	0
Studente 63	0	0	0	0	0	0	1
Studente 64	0	0	1	0	0	0	0
Studente 65	0	0	1	0	0	0	0
Studente 66	0	1	0	0	0	0	0
Studente 67	0	0	0	0	0	0	1
Studente 68	0	0	1	0	0	0	0
Studente 69	0	0	1	0	0	0	0
Studente 70	0	0	1	0	0	0	0
Studente 71	1	0	0	0	0	0	0

Tabella a98 – Valutazione quantitativa delle risposte aperte. Percorso 1, classi terze, questionario in uscita

L'azoto è un elemento del V gruppo e forma un composto con l'idrogeno. Quale delle seguenti rappresenta la formula di struttura del composto?



La ragione della tua scelta è:

9. Perché l'atomo di azoto può condividere 5 coppie di elettroni;
10. Perché l'atomo di azoto condivide 3 coppie di elettroni per raggiungere l'ottetto;
11. Perché condividendo 5 elettroni non ci sono elettroni spaiati e l'atomo di azoto è stabile;
12. Perché gli elettroni accoppiati non formano legami.

Motiva la tua risposta:

STUDENTI	Risponde correttamente citando il raggiungimento dell'ottetto da parte dell'azoto, la necessità di formare 3 legami, la condivisione di 3 elettroni	Risponde correttamente con motivazioni casuali	Risponde correttamente ma non motiva	Risponde in modo errato ripetendo l'affermazione dell'ascelta multipla o che l'azoto deve condividere 5 elettroni	Risponde in modo errato e non motiva	Non risponde e non motiva
Studente 1	Risponde correttamente citando il raggiungimento dell'ottetto da parte dell'azoto, la necessità di formare 3 legami, la condivisione di 3 elettroni	Risponde correttamente con motivazioni casuali	Risponde correttamente ma non motiva	Risponde in modo errato ripetendo l'affermazione dell'ascelta multipla o che l'azoto deve condividere 5 elettroni	Risponde in modo errato e non motiva	Non risponde e non motiva
Studente 2	1	0	0	0	0	0

Studente 3	0	0	0	0	1	0
Studente 4	0	0	0	1	0	0
Studente 5	1	0	0	0	0	0
Studente 6	1	0	0	0	0	0
Studente 7	1	0	0	0	0	0
Studente 8	0	0	1	0	0	0
Studente 9	0	0	1	0	0	0
Studente 10	0	0	0	1	0	0
Studente 11	1	0	0	0	0	0
Studente 12	0	0	1	0	0	0
Studente 13	0	0	0	1	0	0
Studente 14	0	0	1	0	0	0
Studente 15	1	0	0	0	0	0
Studente 16	1	0	0	0	0	0
Studente 17	0	0	0	0	1	0
Studente 18	1	0	0	0	0	0
Studente 19	0	0	0	0	1	0
Studente 20	0	0	1	0	0	0
Studente 21	1	0	0	0	0	0
Studente 22	1	0	0	0	0	0
Studente 23	1	0	0	0	0	0
Studente 24	0	0	0	1	0	0
Studente 25	1	0	0	0	0	0
Studente 26	0	0	0	1	0	0
Studente 27	1	0	0	0	0	0
Studente 28	1	0	0	0	0	0
Studente 29	1	0	0	0	0	0
Studente 30	1	0	0	0	0	0
Studente 31	0	0	0	1	0	0
Studente 32	0	0	0	1	0	0
Studente 33	1	0	0	0	0	0

Studente 34	1	0	0	0	0	0
Studente 35	1	0	0	0	0	0
Studente 36	1	0	0	0	0	0
Studente 37	1	0	0	0	0	0
Studente 38	1	0	0	0	0	0
Studente 39	1	0	0	0	0	0
Studente 40	1	0	0	0	0	0
Studente 41	0	0	1	0	0	0
Studente 42	1	0	0	0	0	0
Studente 43	0	0	1	0	0	0
Studente 44	0	0	0	1	0	0
Studente 45	0	0	1	0	0	0
Studente 46	1	0	0	0	0	0
Studente 47	1	0	0	0	0	0
Studente 48	0	0	1	0	0	0
Studente 49	1	0	0	0	0	0
Studente 50	1	0	0	0	0	0
Studente 51	1	0	0	0	0	0
Studente 52	1	0	0	0	0	0
Studente 53	1	0	0	0	0	0
Studente 54	1	0	0	0	0	0
Studente 55	1	0	0	0	0	0
Studente 56	1	0	0	0	0	0
Studente 57	1	0	0	0	0	0
Studente 58	1	0	0	0	0	0
Studente 59	1	0	0	0	0	0
Studente 60	1	0	0	0	0	0
Studente 61	0	0	1	0	0	0
Studente 62	0	0	1	0	0	0
Studente 63	1	0	0	0	0	0
Studente 64	0	0	0	1	0	0

Studente 65	1	0	0	0	0	0
Studente 66	1	0	0	0	0	0
Studente 67	1	0	0	0	0	0
Studente 68	1	0	0	0	0	0
Studente 69	1	0	0	0	0	0
Studente 70	1	0	0	0	0	0
Studente 71	0	0	0	0	1	0

Tabella a99 – Valutazione quantitativa delle risposte aperte. Percorso I, classi terze, questionario in uscita

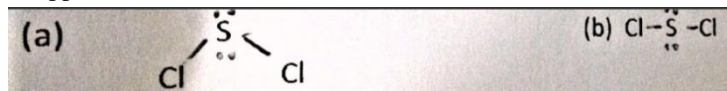
<p>C. La molecola dell'anidride carbonica CO_2, è polare? (c) SI (b) NO</p> <p>La ragione della tua scelta è:</p> <p>9. Perché è formata da legami covalenti polari 10. Perché è formata da legami covalenti non polari 11. Perché le polarità dei legami si annullano 12. Perché le polarità dei legami non si annullano</p> <p>Motiva la tua risposta:</p>							
STUDENTI	Risponde correttamente e nella risposta sono indicati almeno uno dei seguenti fattori: molecola simmetrica, angolo di 180° , i vettori si annullano	Risponde correttamente e motiva in modo casuale	Risponde correttamente ma non motiva	Risponde in modo errato con motivazioni casuali	Risponde in modo errato indicando che la molecola è polare perché è formata da legami covalenti polari	Risponde in modo errato e non motiva	Non risponde e non motiva
Studente 1	0	0	1	0	0	0	0
Studente 2	1	0	0	0	0	0	0
Studente 3	1	0	0	0	0	0	0
Studente 4	1	0	0	0	0	0	0
Studente 5	0	0	1	0	0	0	0
Studente 6	0	0	0	0	1	0	0
Studente 7	1	0	0	0	0	0	0
Studente 8	0	0	0	0	0	1	0
Studente 9	1	0	0	0	0	0	0
Studente 10	0	0	1	0	0	0	0
Studente 11	0	1	0	0	0	0	0

Studente 12	0	1	0	0	0	0	0
Studente 13	0	0	0	0	0	1	0
Studente 14	0	0	1	0	0	0	1
Studente 15	0	0	0	0	0	1	1
Studente 16	0	0	0	0	0	1	0
Studente 17	0	1	0	0	0	0	0
Studente 18	1	0	0	0	0	0	0
Studente 19	1	0	0	0	0	0	0
Studente 20	1	0	0	0	0	0	0
Studente 21	1	0	0	0	0	0	0
Studente 22	1	0	0	0	0	0	0
Studente 23	0	1	0	0	0	0	0
Studente 24	0	1	0	0	0	0	0
Studente 25	1	0	0	0	0	0	0
Studente 26	1	0	0	0	0	0	0
Studente 27	1	0	0	0	0	0	0
Studente 28	0	1	0	0	0	0	0
Studente 29	1	0	0	0	0	0	0
Studente 30	1	0	0	0	0	0	0
Studente 31	0	1	0	0	0	0	0
Studente 32	0	0	0	0	0	0	1
Studente 33	1	0	0	0	0	0	0
Studente 34	1	0	0	0	0	0	0
Studente 35	1	0	0	0	0	0	0
Studente 36	0	0	0	0	0	0	1
Studente 37	1	0	0	0	0	0	0
Studente 38	1	0	0	0	0	0	0
Studente 39	1	0	0	0	0	0	0
Studente 40	0	0	0	0	0	1	0
Studente 41	0	0	1	0	0	0	0
Studente 42	0	0	1	0	0	0	0

Studente 43	1	0	0	0	0	0	0
Studente 44	0	0	1	0	0	0	0
Studente 45	0	0	0	0	1	0	0
Studente 46	0	0	0	0	0	1	0
Studente 47	0	0	1	0	0	0	0
Studente 48	0	0	0	0	0	1	0
Studente 49	0	0	1	0	0	0	0
Studente 50	1	0	0	0	0	0	0
Studente 51	0	1	0	0	0	0	0
Studente 52	1	0	0	0	0	0	0
Studente 53	0	1	0	0	0	0	0
Studente 54	0	0	0	0	0	1	0
Studente 55	1	0	0	0	0	0	0
Studente 56	0	0	0	0	0	0	1
Studente 57	1	0	0	0	0	0	0
Studente 58	0	0	0	0	0	1	0
Studente 59	0	0	0	0	1	0	0
Studente 60	0	0	0	0	0	1	0
Studente 61	0	0	0	0	0	1	0
Studente 62	0	0	0	0	1	0	0
Studente 63	0	0	0	0	0	1	0
Studente 64	1	0	0	0	0	0	0
Studente 65	1	0	0	0	0	0	0
Studente 66	0	0	1	0	0	0	0
Studente 67	0	0	0	0	0	1	0
Studente 68	0	0	0	0	0	1	0
Studente 69	1	0	0	0	0	0	
Studente 70	0	0	0	0	0	1	0
Studente 71	0	0	0	0	1	0	0

Tabella a100 – Valutazione quantitativa delle risposte aperte. Percorso 1, classi terze, questionario in uscita

Scegli tra le seguenti due strutture quella che meglio rappresenta la forma della molecola SCl_2 :



La ragione della tua scelta è:

9. La forma della molecola è determinata dalla repulsione tra le coppie di elettroni di legame e di non legame;
10. La forma della molecola è determinata dalla repulsione tra le coppie di elettroni di non legame;
11. I due legami S-Cl si respingono in modo uguale
12. Il cloro ha una elettronegatività più alta rispetto allo zolfo e questo influenza la forma della molecola.

Motiva la tua risposta:

STUDENTI	Risponde correttamente citando la teoria VSEPR e il confronto con la molecola d'acqua	Risponde correttamente con motivazioni casuali	Risponde correttamente e non motiva	Risponde in modo errato citando la VSEPR in modo sbagliato	Risponde in modo errato sostenendo che i due atomi di Cl si respingono o che la forma della molecola è determinata dalla polarità degli atomi	Risponde in modo errato e non motiva	Non risponde e non motiva
Studente 1	0	0	0	0	0	1	0
Studente 2	0	0	0	0	0	0	1
Studente 3	1	0	0	0	0	0	0
Studente 4	0	0	1	0	0	0	0
Studente 5	0	0	1	0	0	0	0
Studente 6	0	0	0	1	0	0	0
Studente 7	0	0	1	0	0	0	0
Studente 8	0	0	1	0	0	0	0
Studente 9	0	0	0	1	0	0	0

Studente 10	0	0	0	1	0	0	0
Studente 11	0	0	0	0	0	1	0
Studente 12	0	0	0	1	0	0	0
Studente 13	0	0	0	0	0	1	0
Studente 14	0	0	0	0	0	1	0
Studente 15	0	0	0	0	0	1	0
Studente 16	0	0	0	1	0	0	0
Studente 17	0	0	0	1	0	0	0
Studente 18	0	0	0	0	0	1	0
Studente 19	0	0	0	0	0	1	0
Studente 20	1	0	0	0	0	0	0
Studente 21	0	0	0	1	0	0	0
Studente 22	1	0	0	0	0	0	0
Studente 23	1	0	0	0	0	0	0
Studente 24	1	0	0	0	0	0	0
Studente 25	1	0	0	0	0	0	0
Studente 26	1	0	0	0	0	0	0
Studente 27	1	0	0	0	0	0	0
Studente 28	1	0	0	0	0	0	0
Studente 29	1	0	0	0	0	0	0
Studente 30	1	0	0	0	0	0	0
Studente 31	0	0	0	1	0	0	0
Studente 32	0	0	0	0	0	1	0
Studente 33	1	0	0	0	0	0	0
Studente 34	0	0	0	1	0	0	0
Studente 35	0	0	0	0	0	1	0
Studente 36	0	0	0	0	0	1	0
Studente 37	0	0	0	1	0	0	0
Studente 38	1	0	0	0	0	0	0
Studente 39	0	0	0	0	0	1	0
Studente 40	0	0	0	0	0	1	0

Studente 41	0	0	0	0	0	1	0
Studente 42	0	0	0	1	0	0	0
Studente 43	0	0	0	0	0	1	0
Studente 44	0	0	0	0	0	1	0
Studente 45	0	0	0	0	0	1	0
Studente 46	1	0	0	0	0	0	0
Studente 47	0	0	0	0	0	1	0
Studente 48	0	0	0	0	0	1	0
Studente 49	0	0	0	0	0	1	0
Studente 50	1	0	0	0	0	0	0
Studente 51	0	0	0	0	0	1	0
Studente 52	0	0	0	0	1	0	0
Studente 53	0	0	0	0	0	1	0
Studente 54	0	0	1	0	0	0	0
Studente 55	0	0	0	0	0	0	1
Studente 56	0	0	0	0	0	1	0
Studente 57	0	0	0	1	0	0	0
Studente 58	0	0	0	1	0	0	0
Studente 59	1	0	0	0	0	0	0
Studente 60	0	0	0	0	0	1	0
Studente 61	0	0	0	0	0	1	0
Studente 62	0	0	0	1	0	0	0
Studente 63	0	0	0	1	0	0	0
Studente 64	0	0	0	0	0	1	0
Studente 65	0	0	0	0	0	1	0
Studente 66	0	0	0	1	0	0	0
Studente 67	1	0	0	0	0	0	0
Studente 68	0	0	0	1	0	0	0
Studente 69	0	0	0	0	0	1	0
Studente 70	0	0	0	0	0	1	0
Studente 71	1	0	0	0	0	0	0

Tabella a101 – Valutazione quantitativa delle risposte aperte. Percorso 1, classi terze, questionario in uscita

Il cloruro di magnesio (MgCl_2) è un composto ionico, mentre il cloruro di titanio (TiCl_4) è un composto covalente. Quando una miscela di eguali quantità delle due sostanze viene riscaldata, la fase vapore conterrà:

(a) Uguali quantità dei due composti

(b) prevalentemente molecole di TiCl_4

La ragione della tua scelta è:

13. Perché la diversa natura di legami intramolecolari non influenza le forze intermolecolari;
14. Perché le forze di interazione tra molecole sono più deboli delle forze di attrazione fra ioni presenti nel sale fuso;
15. Perché è più facile rompere i legami covalenti e quindi portare in fase vapore atomi di titanio e di cloro;
16. Perché sono entrambi cloruri, quindi si comportano in modo simile.

Motiva la tua risposta:

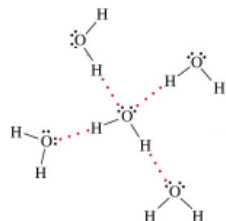
STUDENTI	Risponde correttamente indicando che per spezzare un legame intermolecolare ci vuole meno forza	Risponde correttamente ma non motiva	Risponde in modo errato indicando che il legame covalente è più forte e si rompe dopo	Risponde in modo errato ma non motiva	Non risponde e non motiva
Studente 1	0	0	1	0	0
Studente 2	0	0	0	1	0
Studente 3	0	0	0	1	0
Studente 4	0	0	0	1	0
Studente 5	0	0	0	1	0
Studente 6	0	0	0	0	1
Studente 7	0	0	0	1	0
Studente 8	0	0	0	0	1
Studente 9	0	0	0	1	0

Studente 10	0	0	1	0	0
Studente 11	0	0	0	1	0
Studente 12	0	0	0	1	0
Studente 13	0	0	0	1	0
Studente 14	0	0	0	1	0
Studente 15	0	0	0	0	1
Studente 16	0	0	0	1	0
Studente 17	0	0	0	1	0
Studente 18	0	0	0	1	0
Studente 19	0	1	0	0	0
Studente 20	0	0	1	0	0
Studente 21	0	0	0	0	1
Studente 22	0	0	1	0	0
Studente 23	0	0	1	0	0
Studente 24	0	0	1	0	0
Studente 25	0	0	0	1	0
Studente 26	0	0	0	1	0
Studente 27	1	0	0	0	0
Studente 28	0	0	1	0	0
Studente 29	0	0	0	1	0
Studente 30	0	0	1	0	0
Studente 31	0	0	1	0	0
Studente 32	0	0	0	1	0
Studente 33	0	0	1	0	0
Studente 34	0	0	0	0	1
Studente 35	0	0	0	1	0
Studente 36	0	0	1	0	0
Studente 37	0	0	1	0	0
Studente 38	0	0	1	0	0
Studente 39	0	0	1	0	0
Studente 40	0	1	0	0	0

Studente 41	0	0	1	0	0
Studente 42	0	0	0	0	1
Studente 43	0	0	1	0	0
Studente 44	0	0	0	0	1
Studente 45	0	0	0	0	1
Studente 46	0	0	1	0	0
Studente 47	0	0	0	0	1
Studente 48	0	1	0	0	0
Studente 49	0	0	1	0	0
Studente 50	1	0	0	0	0
Studente 51	0	0	0	0	1
Studente 52	0	1	0	0	0
Studente 53	0	1	0	0	0
Studente 54	0	0	0	0	1
Studente 55	0	0	1	0	0
Studente 56	0	0	0	0	1
Studente 57	0	0	1	0	0
Studente 58	0	0	1	0	0
Studente 59	0	0	0	0	1
Studente 60	0	1	0	0	0
Studente 61	0	1	0	0	0
Studente 62	0	0	1	0	0
Studente 63	1	0	0	0	0
Studente 64	0	0	0	1	0
Studente 65	0	1	0	0	0
Studente 66	0	0	1	0	0
Studente 67	0	0	0	0	1
Studente 68	0	0	1	0	0
Studente 69	0	0	0	0	1
Studente 70	0	0	0	1	0
Studente 71	0	0	1	0	0

Tabella a102 – Valutazione quantitativa delle risposte aperte. Percorso 1, classi terze, questionario in uscita

Considera la seguente immagine:



quale delle seguenti affermazioni descrive meglio il significato della linea tratteggiata?

9. Rappresenta un legame debole tra le molecole;
10. Rappresenta un legame a idrogeno;
11. Rappresenta una forza di attrazione dipolo-dipolo, perché l'acqua è una molecola polare;
12. Rappresenta un legame dativo tra le molecole d'acqua.

Motiva la tua risposta:

STUDENTI	Risponde correttamente indicando che l'ossigeno è caricato negativamente e l'idrogeno positivamente, l'acqua è polare, le cariche opposte si attraggono, è un legame tipico dell'acqua	Risponde correttamente indicando solo che si forma un legame a idrogeno, senza citare la polarità	Risponde correttamente e non motiva	Risponde in modo errato citando il legame dativo	Risponde in modo errato citando la poca stabilità del legame	Risponde in modo errato e non motiva	non risponde e non motiva	Risponde correttamente indicando che l'ossigeno è caricato negativamente e l'idrogeno positivamente, l'acqua è polare, le cariche opposte si attraggono, è un legame tipico	Risponde correttamente indicando solo che si forma un legame a idrogeno, senza citare la polarità
----------	--	---	-------------------------------------	--	--	--------------------------------------	---------------------------	---	---

								dell'acqua	
Studente 1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 2	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 3	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 4	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 5	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 6	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 7	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 8	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 9	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 10	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 11	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 12	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 13	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 14	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 15	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 16	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 17	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 18	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 19	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 20	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 21	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Studente 22	0	1	0	0	0	0	0	0	1

Studente 23	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Studente 24	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Studente 25	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 26	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Studente 27	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Studente 28	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Studente 29	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 30	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 31	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Studente 32	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 33	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 34	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Studente 35	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 36	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 37	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 38	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 39	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Studente 40	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 41	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 42	1	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 43	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Studente 44	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Studente 45	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 46	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Studente 47	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 48	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 49	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Studente 50	1	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 51	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 52	1	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 53	0	0	1	0	0	0	0	0	0

Studente 54	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 55	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 56	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 57	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Studente 58	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Studente 59	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 60	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 61	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 62	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 63	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 64	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 65	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 66	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 67	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Studente 68	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 69	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 70	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 71	0	1	0	0	0	0	0	0	1

Tabella a103 – Valutazione quantitativa delle risposte aperte. Percorso 1, classi prime, questionario in uscita

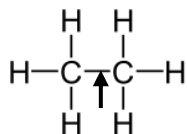
<p>Un atomo di carbonio forma una molecola con l'idrogeno; scegli tra le due possibilità quella che secondo te esiste in natura: (a) CH_4 (b) CH_2</p> <p>La ragione della tua scelta è (fra le seguenti scegli quella che ti sembra più adatta):</p> <p>13. La (a) perchè nella molecola, entrambi gli atomi C e H hanno completato il loro guscio esterno. 14. La (a) perchè nella molecola l'atomo di C completa il guscio. 15. La (b) perchè l'idrogeno esiste come H_2 16. La (a) perchè il C ha numero di ossidazione +4</p>							
STUDENTI	Risponde correttamente a entrambe le opzioni. Nella risposta possono essere citati l'ottetto, la stabilità di entrambi gli atomi, il completamento di entrambi i gusci esterni	Risponde correttamente alla prima scelta ma non alla motivazione. Nella risposta viene citata solo la stabilità del C	Risponde in modo errato ad entrambe le opzioni citando che in natura l'idrogeno si trova sotto forma di H_2	Risponde in modo errato con motivazioni casuali	Risponde correttamente e non motiva	Risponde in modo errato e non motiva	Non risponde nemmeno alla scelta multipla
Studente 72	0	1	0	0	0	0	0
Studente 73	0	1	0	0	0	0	0
Studente 74	1	0	0	0	0	0	0
Studente 75	1	0	0	0	0	0	0
Studente 76	0	0	0	1	0	0	0
Studente 77	0	0	0	1	0	0	0
Studente 78	0	0	0	0	0	1	0
Studente 79	0	0	0	0	0	1	0
Studente 80	0	0	0	1	0	0	0
Studente 81	1	0	0	0	0	0	0
Studente 82	0	0	0	1	0	0	0

Studente 83	0	0	0	0	1	0	0
Studente 84	1	0	0	0	0	0	0
Studente 85	0	1	0	0	0	0	0
Studente 86	1	0	0	0	0	0	0
Studente 87	0	0	0	0	1	0	0
Studente 88	0	1	0	0	0	0	0
Studente 89	0	1	0	0	0	0	0
Studente 90	1	0	0	0	0	0	0
Studente 91	0	0	0	1	0	0	0
Studente 92	0	1	0	0	0	0	0
Studente 93	0	0	0	1	0	0	0
Studente 94	0	0	0	1	0	0	0
Studente 95	1	0	0	0	0	0	0
Studente 96	0	1	0	0	0	0	0
Studente 97	0	0	0	1	0	0	0
Studente 98	0	0	0	0	1	0	0
Studente 99	0	1	0	0	0	0	0
Studente 100	0	0	0	0	1	0	0
Studente 101	0	0	0	0	0	1	0
Studente 102	0	0	0	1	0	0	0
Studente 103	0	1	0	0	0	0	0
Studente 104	0	1	0	0	0	0	0
Studente 105	1	0	0	0	0	0	0
Studente 106	0	1	0	0	0	0	0
Studente 107	0	1	0	0	0	0	0
Studente 108	0	1	0	0	0	0	0
Studente 109	0	0	0	0	0	1	0
Studente 110	0	0	0	0	1	0	0
Studente 111	0	0	0	0	1	0	0
Studente 112	0	0	0	0	0	1	0
Studente 113	0	0	0	0	1	0	0

Studente 114	0	0	0	0	0	1	0
Studente 115	1	0	0	0	0	0	0
Studente 116	0	0	0	0	0	1	0
Studente 117	0	0	1	0	0	0	0
Studente 118	0	1	0	0	0	0	0
Studente 119	0	0	0	0	0	1	0
Studente 120	1	0	0	0	0	0	0
Studente 121	0	0	0	0	0	1	0
Studente 122	1	0	0	0	0	0	0
Studente 123	0	0	0	0	0	1	0
Studente 124	0	0	0	0	0	1	0
Studente 125	0	0	0	0	0	1	0
Studente 126	0	0	1	0	0	0	0
Studente 127	0	1	0	0	0	0	0
Studente 128	0	1	0	0	1	0	0
Studente 129	0	0	0	0	1	0	0
Studente 130	1	0	0	0	0	0	0
Studente 131	0	0	0	0	1	0	0
Studente 132	0	1	0	0	0	0	0
Studente 133	0	0	0	0	0	1	

Tabella a104 – Valutazione quantitativa delle risposte aperte. Percorso 1, classi prime, questionario in uscita

Considera la seguente formula di struttura della molecola di etano, quale delle seguenti affermazioni descrive meglio il significato della linea indicata dalla freccia?



13. rappresenta un legame covalente singolo in cui ciascuno dei due atomi di C contribuisce con 1 elettrone alla formazione di una coppia di elettroni tra i due nuclei;
14. rappresenta un legame covalente singolo in cui un atomo di C dona 1 elettrone all'altro atomo di C;
15. rappresenta un legame chimico tra i due atomi di C;
16. rappresenta un legame ionico tra i due atomi di C.

Motiva la tua risposta:

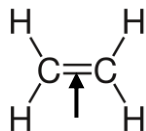
STUDENTI	Risponde correttamente e individua il legame covalente singolo che si forma perché ciascun atomo di C mette in condivisione un elettrone, formando una coppia condivisa	Risponde correttamente ma identifica un solo elettrone condiviso e quindi parla di un solo atomo di C	Risponde correttamente ma non motiva la sua risposta	Risponde correttamente con motivazioni casuali	Risponde in modo errato e non motiva	Risponde in modo errato e da motivazioni casuali	Non risponde alla scelta multipla e non motiva
Studente 72	0	0	0	1	0	0	0
Studente 73	1	0	0	0	0	0	0
Studente 74	1	0	0	0	0	0	0
Studente 75	1	0	0	0	0	0	0
Studente 76	1	0	0	0	0	0	0
Studente 77	1	0	0	0	0	0	0

Studente 78	0	0	0	0	0	1	0
Studente 79	0	0	0	1	0	0	0
Studente 80	0	0	0	0	0	1	0
Studente 81	1	0	0	0	0	0	0
Studente 82	0	0	0	1	0	0	0
Studente 83	0	0	1	0	0	0	0
Studente 84	1	0	0	0	0	0	0
Studente 85	0	0	0	1	0	0	0
Studente 86	0	0	1	0	0	0	0
Studente 87	0	0	1	0	0	0	0
Studente 88	0	0	1	0	0	0	0
Studente 89	0	0	0	1	0	0	0
Studente 90	0	0	1	0	0	0	0
Studente 91	0	0	1	0	0	0	0
Studente 92	1	0	0	0	0	0	0
Studente 93	0	0	0	0	1	0	0
Studente 94	0	0	1	0	0	0	0
Studente 95	0	0	0	1	0	0	0
Studente 96	0	0	0	0	0	1	0
Studente 97	0	0	0	0	1	0	0
Studente 98	0	0	1	0	0	0	0
Studente 99	0	0	0	0	1	0	0
Studente 100	0	0	0	0	1	0	0
Studente 101	0	0	1	0	0	0	0
Studente 102	0	0	1	0	0	0	0
Studente 103	1	0	0	0	0	0	0
Studente 104	0	0	1	0	0	0	0
Studente 105	0	0	0	1	0	0	0
Studente 106	1	0	0	0	0	0	0
Studente 107	1	0	0	0	0	0	0
Studente 108	0	0	1	0	0	0	0

Studente 109	0	0	1	0	0	0	0
Studente 110	0	0	1	0	0	0	0
Studente 111	0	0	1	0	0	0	0
Studente 112	0	0	1	0	0	0	0
Studente 113	0	0	0	1	0	0	0
Studente 114	0	0	0	0	1	0	0
Studente 115	0	0	0	0	1	0	0
Studente 116	0	0	0	0	1	0	0
Studente 117	0	0	1	0	0	0	0
Studente 118	0	0	0	1	0	0	0
Studente 119	0	0	1	0	0	0	0
Studente 120	0	0	1	0	0	0	0
Studente 121	0	0	1	0	0	0	0
Studente 122	1	0	0	0	0	0	0
Studente 123	0	0	0	0	1	0	0
Studente 124	0	0	1	0	0	0	0
Studente 125	0	0	1	0	0	0	0
Studente 126	0	0	0	0	0	0	1
Studente 127	0	0	0	1	0	0	0
Studente 128	0	0	0	0	0	0	1
Studente 129	0	0	0	0	0	0	1
Studente 130	0	0	0	1	0	0	0
Studente 131	0	0	0	0	1	0	0
Studente 132	1	0	0	0	0	0	0
Studente 133	0	0	0	0	1	0	0

Tabella a105 – Valutazione quantitativa delle risposte aperte. Percorso 1, classi prime, questionario in uscita

Considera la seguente formula di struttura della molecola di etene, quale delle seguenti affermazioni descrive in maniera più accurata il significato delle due linee indicate dalla freccia?



13. rappresenta un legame covalente doppio in cui due atomi di C contribuiscono ciascuno con 2 elettroni alla formazione di due coppie di elettroni di legame;
14. rappresenta un legame chimico doppio tra due atomi di C;
15. rappresenta un legame covalente doppio in cui un atomo di C dona 2 elettroni all'altro atomo di C;
16. rappresenta un legame ionico doppio tra i due atomi di C.

Motiva la tua risposta:

STUDENTI	Risponde correttamente e individua il legame covalente doppio che si forma perché ciascun atomo di C mette in condivisione due elettroni, formando due coppie condivise	Risponde correttamente ma identifica due elettroni condivisi e quindi parla di un solo atomo di C	Risponde correttamente ma non motiva la sua risposta	risponde correttamente con motivazioni casuali	Risponde in modo errato e non motiva	Non risponde alla scelta multipla e non motiva
Studente 72	1	0	0	0	0	0
Studente 73	0	1	0	0	0	0
Studente 74	0	1	0	0	0	0
Studente 75	0	1	0	0	0	0
Studente 76	1	0	0	0	0	0
Studente 77	1	0	0	0	0	0
Studente 78	0	0	0	1	0	0

Studente 79	1	0	0	0	0	0
Studente 80	0	0	0	0	0	1
Studente 81	0	0	0	1	0	0
Studente 82	0	1	0	0	0	0
Studente 83	0	0	1	0	0	0
Studente 84	1	0	0	0	0	0
Studente 85	1	0	0	0	0	0
Studente 86	0	0	0	1	0	0
Studente 87	0	0	1	0	0	0
Studente 88	0	0	1	0	0	0
Studente 89	0	0	1	0	0	0
Studente 90	0	0	1	0	0	0
Studente 91	1	0	0	0	0	0
Studente 92	0	0	1	0	0	0
Studente 93	0	0	1	0	0	0
Studente 94	0	0	1	0	0	0
Studente 95	1	0	0	0	0	0
Studente 96	0	0	1	0	0	0
Studente 97	0	0	0	0	1	0
Studente 98	0	0	1	0	0	0
Studente 99	1	0	0	0	0	0
Studente 100	0	0	1	0	0	0
Studente 101	0	0	0	0	1	0
Studente 102	0	0	1	0	0	0
Studente 103	0	0	1	0	0	0
Studente 104	1	0	0	0	0	0
Studente 105	0	0	1	0	0	0
Studente 106	0	0	1	0	0	0
Studente 107	1	0	0	0	0	0
Studente 108	1	0	0	0	0	0
Studente 109	0	0	0	0	1	0

Studente 110	0	0	1	0	0	0
Studente 111	0	0	1	0	0	0
Studente 112	0	0	0	0	0	0
Studente 113	0	0	0	0	0	0
Studente 114	0	0	1	0	0	0
Studente 115	0	0	0	0	1	0
Studente 116	0	0	0	0	1	0
Studente 117	0	0	1	0	0	0
Studente 118	0	0	0	1	0	0
Studente 119	0	0	0	0	1	0
Studente 120	0	0	1	0	0	0
Studente 121	0	0	1	0	0	0
Studente 122	0	0	0	1	0	0
Studente 123	0	0	0	0	1	0
Studente 124	0	0	0	0	1	0
Studente 125	0	0	0	0	1	0
Studente 126	1	0	0	0	0	0
Studente 127	1	0	0	0	0	0
Studente 128	1	0	0	0	0	0
Studente 129	0	0	0	0	0	0
Studente 130	0	1	0	0	0	0
Studente 131	0	0	0	0	1	0
Studente 132	0	1	0	0	0	0
Studente 133	0	0	0	0	1	0

Tabella a106 – Valutazione quantitativa delle risposte aperte. Percorso 1, classi prime, questionario in uscita

In quale delle seguenti immagini è rappresentata più accuratamente la posizione della coppia di elettroni condivisa nella molecola HF?

(d) $H : F$

(b) $H : F$

La ragione della tua scelta è:

13. Gli elettroni di non legame influenzano la posizione delle coppie di elettroni di legame o condivise;

14. L'atomo di idrogeno e quello di fluoro formano un legame covalente e quindi la coppia di elettroni deve essere localizzata alla stessa distanza tra i due atomi;

15. Il fluoro ha un'attrazione maggiore per la coppia di elettroni condivisa;

16. Il fluoro è più grande dei due atomi e quindi esercita un maggiore controllo sulla coppia di elettroni condivisa.

Motiva la tua risposta:

STUDENTI	Risponde correttamente e nella risposta viene citata la maggiore elettronegatività del fluoro, intesa anche come differenza di elettronegatività, o la presenza di un legame covalente polare.	Risponde correttamente ma la maggiore forza di attrazione del fluoro viene attribuita alla presenza di più elettroni o alla dimensione del fluoro e alla sua posizione nella tavola periodica	Risponde correttamente ma non motiva	Risponde in modo errato motivando con la maggiore dimensione del fluoro	Risponde in modo errato e motiva citando il legame covalente e la necessità di avere elettroni ugualmente condivisi	Risponde in modo errato con motivazioni casuali	Risponde in modo errato ma motiva in modo corretto (come la prima tipologia)	Risponde in modo errato e non motiva	Non risponde alla prima parte e non motiva
Studente 72	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 73	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 74	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 75	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 76	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 77	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 78	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 79	0	0	0	0	0	0	1	0	0

Studente 80	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 81	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 82	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 83	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 84	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 85	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 86	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 87	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Studente 88	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 89	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 90	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 91	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 92	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 93	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 94	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 95	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 96	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Studente 97	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 98	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 99	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 100	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 101	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 102	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 103	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 104	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 105	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 106	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Studente 107	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 108	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 109	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 110	0	0	0	0	0	0	0	1	0

Studente 111	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 112	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 113	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 114	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 115	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 116	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 117	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 118	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 119	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 120	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 121	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 122	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 123	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 124	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 125	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 126	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 127	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 128	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 129	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 130	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 131	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 132	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 133	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabella a107 – Valutazione quantitativa delle risposte aperte. Percorso 1, classi prime, questionario in uscita

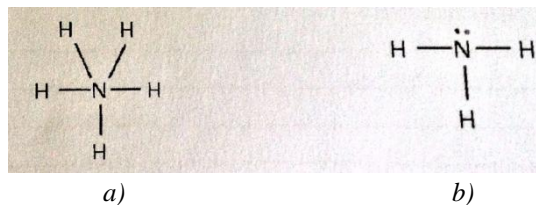
<p>Se del sodio (Na) metallico riscaldato viene a contatto con del cloro gassoso (Cl_2), avviene una violenta reazione in cui si forma una sostanza bianca, il cloruro di sodio (NaCl). Scegli tra le seguenti la migliore rappresentazione del composto che si forma:</p> <p>(a) Na-Cl (b) Na^+Cl^-</p> <p>La ragione della mia scelta alla domanda precedente è:</p> <p>5. Perché entrambi gli atomi raggiungono l'ottetto;</p> <p>6. Perché per formare un composto, si deve formare un legame covalente;</p> <p>7. Perché un elettrone è trasferito dal Sodio al Cloro formando un legame ionico;</p> <p>8. Perché avviene una reazione redox.</p>							
STUDENTI	Risponde correttamente, citando uno dei seguenti fattori: differenza di elettronegatività maggiore di 1,9, legame ionico con identificazione del trasferimento elettronico, maggiore elettronegatività del cloro, minore elettronegatività del sodio	Risponde correttamente e parla di legame ionico o di presenza di ioni ma senza citare il trasferimento elettronico	Risponde correttamente ma non motiva	Risponde in modo errato citando che gli atomi raggiungono l'ottetto, oppure che si forma un composto o la differenza di elettronegatività	Risponde in modo errato con motivazioni casuali	Risponde in modo errato e non motiva	Non risponde e non motiva
Studente 72	0	1	0	0	0	0	0
Studente 73	1	0	0	0	0	0	0
Studente 74	0	1	0	0	0	0	0
Studente 75	1	0	0	0	0	0	0
Studente 76	1	0	0	0	0	0	0
Studente 77	1	0	0	0	0	0	0
Studente 78	0	1	0	0	0	0	0
Studente 79	1	0	0	0	0	0	0
Studente 80	1	0	0	0	0	0	0
Studente 81	0	0	1	0	0	0	0

Studente 82	1	0	0	0	0	0	0
Studente 83	0	0	1	0	0	0	0
Studente 84	1	0	0	0	0	0	0
Studente 85	0	0	1	0	0	0	0
Studente 86	0	1	0	0	0	0	0
Studente 87	0	0	0	0	0	1	0
Studente 88	0	0	0	0	0	1	0
Studente 89	0	0	0	0	0	1	0
Studente 90	0	0	0	0	0	1	0
Studente 91	0	0	0	0	0	1	0
Studente 92	0	0	0	0	0	1	0
Studente 93	0	0	0	0	0	1	0
Studente 94	0	0	0	0	0	1	0
Studente 95	0	0	0	1	0	0	0
Studente 96	0	0	0	0	0	1	0
Studente 97	0	0	0	0	0	1	0
Studente 98	0	0	0	0	0	1	0
Studente 99	0	0	0	0	0	1	0
Studente 100	0	0	0	0	0	1	0
Studente 101	0	0	1	0	0	0	0
Studente 102	0	0	0	0	0	1	0
Studente 103	0	0	1	0	0	0	0
Studente 104	0	0	0	0	0	1	0
Studente 105	0	0	0	0	0	1	0
Studente 106	0	0	0	0	0	0	1
Studente 107	0	0	0	0	0	1	0
Studente 108	0	0	0	0	0	1	0
Studente 109	0	0	0	0	0	1	0
Studente 110	0	0	1	0	0	0	0
Studente 111	0	0	0	0	0	1	0
Studente 112	0	0	0	0	0	1	0

Studente 113	0	0	0	0	0	1	0
Studente 114	0	0	1	0	0	0	0
Studente 115	0	0	0	0	0	1	0
Studente 116	0	0	1	0	0	0	0
Studente 117	0	0	0	1	0	0	0
Studente 118	0	0	0	0	1	0	0
Studente 119	0	0	1	0	0	0	0
Studente 120	0	0	0	0	0	1	0
Studente 121	0	0	0	0	0	1	0
Studente 122	0	0	0	1	0	0	0
Studente 123	0	0	1	0	0	0	0
Studente 124	0	0	1	0	0	0	0
Studente 125	0	0	0	0	0	1	0
Studente 126	0	0	0	0	0	0	1
Studente 127	0	0	1	0	0	0	0
Studente 128	0	0	1	0	0	0	0
Studente 129	0	0	0	0	0	1	0
Studente 130	0	0	0	1	0	0	0
Studente 131	0	0	0	0	0	1	0
Studente 132	0	0	0	0	0	1	0
Studente 133	0	0	0	0	0	1	0

Tabella a108 – Valutazione quantitativa delle risposte aperte. Percorso 1, classi prime, questionario in uscita

L'azoto è un elemento del V gruppo e forma un composto con l'idrogeno. Quale delle seguenti rappresenta la formula di struttura del composto?



La ragione della tua scelta è:

- 13. Perché l'atomo di azoto può condividere 5 coppie di elettroni;
- 14. Perché l'atomo di azoto condivide 3 coppie di elettroni per raggiungere l'ottetto;
- 15. Perché condividendo 5 elettroni non ci sono elettroni spaiati e l'atomo di azoto è stabile;
- 16. Perché gli elettroni accoppiati non formano legami.

Motiva la tua risposta:

STUDENTI	Risponde correttamente citando il raggiungimento dell'ottetto da parte dell'azoto, la necessità di formare 3 legami, la condivisione di 3 elettroni	Risponde correttamente con motivazioni casuali	Risponde correttamente ma non motiva	Risponde in modo errato ripetendo l'affermazione della scelta multipla o che l'azoto deve condividere 5 elettroni	Risponde in modo errato e non motiva	Non risponde e non motiva
Studente 72	1	0	0	0	0	0
Studente 73	1	0	0	0	0	0
Studente 74	1	0	0	0	0	0
Studente 75	0	0	0	0	0	1
Studente 76	0	0	1	0	0	0

Studente 77	1	0	0	0	0	0
Studente 78	1	0	0	0	0	0
Studente 79	1	0	0	0	0	0
Studente 80	1	0	0	0	0	0
Studente 81	1	0	0	0	0	0
Studente 82	1	0	0	0	0	0
Studente 83	0	0	0	0	1	0
Studente 84	1	0	0	0	0	0
Studente 85	0	0	1	0	0	0
Studente 86	1	0	0	0	0	0
Studente 87	0	0	0	0	1	0
Studente 88	0	0	0	0	1	0
Studente 89	1	0	0	0	0	0
Studente 90	0	0	0	1	0	0
Studente 91	1	0	0	0	0	0
Studente 92	0	0	0	1	0	0
Studente 93	0	0	1	0	0	0
Studente 94	1	0	0	0	0	0
Studente 95	1	0	0	0	0	0
Studente 96	0	0	1	0	0	0
Studente 97	1	0	0	0	0	0
Studente 98	0	0	1	0	0	0
Studente 99	0	0	1	0	0	0
Studente 100	0	0	0	1	0	0
Studente 101	0	0	1	0	0	0
Studente 102	1	0	0	0	0	0
Studente 103	0	0	1	0	0	0
Studente 104	1	0	0	0	0	0
Studente 105	0	0	1	0	0	0
Studente 106	0	0	1	0	0	0
Studente 107	0	0	0	1	0	0

Studente 108	1	0	0	0	0	0
Studente 109	0	0	1	0	0	0
Studente 110	0	0	1	0	0	0
Studente 111	0	0	1	0	0	0
Studente 112	0	0	1	0	0	0
Studente 113	0	0	1	0	0	0
Studente 114	0	0	1	0	0	0
Studente 115	1	0	0	0	0	0
Studente 116	0	0	1	0	0	0
Studente 117	0	0	1	0	0	0
Studente 118	1	0	0	0	0	0
Studente 119	0	0	0	0	1	0
Studente 120	1	0	0	0	0	0
Studente 121	0	0	0	0	1	0
Studente 122	1	0	0	0	0	0
Studente 123	0	0	0	0	1	0
Studente 124	0	0	0	0	1	0
Studente 125	0	0	1	0	0	0
Studente 126	0	0	0	0	0	1
Studente 127	0	1	0	0	0	0
Studente 128	0	1	0	0	0	0
Studente 129	0	0	0	0	1	0
Studente 130	1	0	0	0	0	0
Studente 131	0	0	1	0	0	0
Studente 132	1	0	0	0	0	0
Studente 133	0	0	1	0	0	0

Tabella a109 – Valutazione quantitativa delle risposte aperte. Percorso 1, classi prime, questionario in uscita

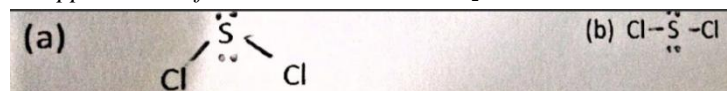
<p>La molecola dell'anidride carbonica CO_2, è polare?</p> <p>(d) SI (b) NO</p> <p>La ragione della tua scelta è:</p> <p>13. Perché è formata da legami covalenti polari</p> <p>14. Perché è formata da legami covalenti non polari</p> <p>15. Perché le polarità dei legami si annullano</p> <p>16. Perché le polarità dei legami non si annullano</p> <p>Motiva la tua risposta:</p>							
STUDENTI	Risponde correttamente e nella risposta sono indicati almeno uno dei seguenti fattori: molecola simmetrica, angolo di 180° , i vettori si annullano	Risponde correttamente e motiva in modo casuale	Risponde correttamente ma non motiva	Risponde in modo errato con motivazioni casuali	Risponde in modo errato indicando che la molecola è polare perché è formata da legami covalenti polari	Risponde in modo errato e non motiva	Non risponde e non motiva
Studente 72	1	0	0	0	0	0	0
Studente 73	0	0	1	0	0	0	0
Studente 74	0	0	0	0	1	0	0
Studente 75	1	0	0	0	0	0	0
Studente 76	0	0	0	0	1	0	0
Studente 77	0	0	0	0	1	0	0
Studente 78	1	0	0	0	0	0	0
Studente 79	0	0	0	0	1	0	0
Studente 80	0	0	0	0	1	0	0
Studente 81	0	0	0	0	1	0	0
Studente 82	0	0	0	0	1	0	0

Studente 83	0	0	1	0	0	0	0
Studente 84	0	0	0	0	1	0	0
Studente 85	0	0	0	0	1	0	0
Studente 86	0	0	0	0	1	0	0
Studente 87	0	0	0	0	0	1	0
Studente 88	0	0	0	0	0	1	0
Studente 89	0	0	0	0	0	1	0
Studente 90	0	0	0	0	0	1	0
Studente 91	0	0	0	0	0	1	0
Studente 92	0	0	0	0	1	0	0
Studente 93	1	0	0	0	0	0	0
Studente 94	0	0	0	0	0	1	0
Studente 95	0	0	0	0	1	0	0
Studente 96	0	0	0	0	1	0	0
Studente 97	0	0	0	0	0	1	0
Studente 98	0	0	0	0	0	1	0
Studente 99	0	0	0	0	0	1	0
Studente 100	0	0	0	0	0	1	0
Studente 101	0	0	0	0	0	1	0
Studente 102	0	0	0	0	1	0	0
Studente 103	0	0	0	0	0	1	0
Studente 104	0	0	0	0	0	1	0
Studente 105	0	0	0	0	0	1	0
Studente 106	0	0	0	0	1	0	0
Studente 107	0	0	0	0	0	1	0
Studente 108	0	0	0	0	0	1	0
Studente 109	0	0	0	0	1	0	0
Studente 110	0	0	0	0	0	1	0
Studente 111	0	0	0	0	0	1	0
Studente 112	0	0	1	0	0	0	0
Studente 113	0	0	0	0	0	1	0

Studente 114	0	0	0	0	0	1	0
Studente 115	0	0	0	0	0	1	0
Studente 116	0	0	0	0	0	1	0
Studente 117	0	0	0	0	0	1	0
Studente 118	1	0	0	0	0	0	0
Studente 119	0	0	1	0	0	0	0
Studente 120	0	0	0	0	0	1	0
Studente 121	0	0	0	0	0	1	0
Studente 122	0	0	0	0	0	1	0
Studente 123	0	0	0	0	1	0	0
Studente 124	0	0	0	0	0	1	0
Studente 125	0	0	0	0	0	1	0
Studente 126	0	0	0	0	0	0	1
Studente 127	1	0	0	0	0	0	0
Studente 128	0	0	0	0	1	0	0
Studente 129	0	0	0	0	0	1	0
Studente 130	0	0	0	0	1	0	0
Studente 131	0	0	0	0	0	1	0
Studente 132	0	0	0	0	0	0	1
Studente 133	0	0	0	0	0	1	0

Tabella a110 – Valutazione quantitativa delle risposte aperte. Percorso 1, classi prime, questionario in uscita

Scegli tra le seguenti due strutture quella che meglio rappresenta la forma della molecola SCl_2 :



La ragione della tua scelta è:

13. La forma della molecola è determinata dalla repulsione tra le coppie di elettroni di legame e di non legame;
14. La forma della molecola è determinata dalla repulsione tra le coppie di elettroni di non legame;
15. I due legami S-Cl si respingono in modo uguale
16. Il cloro ha una elettronegatività più alta rispetto allo zolfo e questo influenza la forma della molecola.

Motiva la tua risposta:

STUDENTI	Risponde correttamente citando la teoria VSEPR e il confronto con la molecola d'acqua	Risponde correttamente con motivazioni casuali	Risponde correttamente e non motiva	Risponde in modo errato citando la VSEPR in modo sbagliato	Risponde in modo errato sostenendo che i due atomi di Cl si respingono o che la forma della molecola è determinata dalla polarità degli atomi	Risponde in modo errato e non motiva
Studente 72	1	0	0	0	0	0
Studente 73	0	0	0	1	0	0
Studente 74	1	0	0	0	0	0
Studente 75	1	0	0	0	0	0
Studente 76	0	0	0	1	0	0
Studente 77	0	0	0	0	0	1
Studente 78	0	0	0	1	0	0
Studente 79	0	0	0	0	0	1
Studente 80	0	0	0	1	0	0

Studente 81	0	0	0	1	0	0
Studente 82	0	0	0	1	0	0
Studente 83	0	0	0	0	0	1
Studente 84	1	0	0	0	0	0
Studente 85	1	0	0	0	0	0
Studente 86	0	0	0	1	0	0
Studente 87	0	0	0	0	0	1
Studente 88	0	0	0	0	0	1
Studente 89	0	0	0	0	0	1
Studente 90	0	0	0	0	0	1
Studente 91	0	0	0	0	0	1
Studente 92	0	0	0	0	0	1
Studente 93	0	0	0	1	0	0
Studente 94	0	0	0	0	0	1
Studente 95	0	0	0	1	0	0
Studente 96	0	0	0	0	0	1
Studente 97	0	0	1	0	0	0
Studente 98	0	0	0	0	0	1
Studente 99	0	0	0	0	0	1
Studente 100	0	0	0	0	0	1
Studente 101	0	0	0	0	0	1
Studente 102	0	0	0	0	0	1
Studente 103	0	0	0	0	0	1
Studente 104	0	0	0	0	0	1
Studente 105	0	0	0	0	0	1
Studente 106	0	0	0	0	0	1
Studente 107	0	0	0	1	0	0
Studente 108	0	0	0	0	0	1
Studente 109	0	0	0	0	0	1
Studente 110	0	0	0	0	0	1
Studente 111	0	0	0	0	0	1

Studente 112	0	0	0	0	0	1
Studente 113	0	0	0	1	0	0
Studente 114	0	0	1	0	0	0
Studente 115	0	0	0	0	0	1
Studente 116	0	0	0	0	0	1
Studente 117	0	0	1	0	0	0
Studente 118	0	0	0	1	0	0
Studente 119	0	0	0	0	0	1
Studente 120	0	0	0	0	0	1
Studente 121	0	0	0	0	0	1
Studente 122	0	0	0	0	0	1
Studente 123	0	0	0	1	0	0
Studente 124	0	0	0	0	0	0
Studente 125	0	0	0	1	0	0
Studente 126	0	0	0	0	0	0
Studente 127	0	0	0	0	0	1
Studente 128	0	0	0	0	0	1
Studente 129	0	0	0	0	0	1
Studente 130	0	0	0	0	0	1
Studente 131	0	0	0	0	0	1
Studente 132	0	0	0	0	0	1
Studente 133	0	0	0	0	0	1

Tabella a111 – Valutazione quantitativa delle risposte aperte. Percorso 1, classi prime, questionario in uscita

Il cloruro di magnesio ($MgCl_2$) è un composto ionico, mentre il cloruro di titanio ($TiCl_4$) è un composto covalente. Quando una miscela di eguali quantità delle due sostanze viene riscaldata, la fase vapore conterrà:

(a) Uguali quantità dei due composti

(b) prevalentemente molecole di $TiCl_4$

La ragione della tua scelta è:

17. Perché la diversa natura di legami intramolecolari non influenza le forze intermolecolari;
18. Perché le forze di interazione tra molecole sono più deboli delle forze di attrazione fra ioni presenti nel sale fuso;
19. Perché è più facile rompere i legami covalenti e quindi portare in fase vapore atomi di titanio e di cloro;
20. Perché sono entrambi cloruri, quindi si comportano in modo simile.

Motiva la tua risposta:

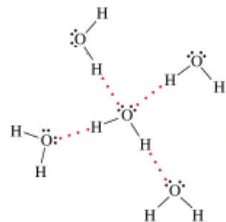
STUDENTI	Risponde correttamente indicando che per spezzare un legame intermolecolare ci vuole meno forza	Risponde correttamente ma non motiva	Risponde in modo errato indicando che il legame covalente è più forte e si rompe dopo	Risponde in modo errato con motivazioni casuali	Risponde in modo errato ma non motiva	Non risponde e non motiva
Studente 72	0	0	0	0	0	0
Studente 73	0	0	1	0	0	0
Studente 74	0	0	1	0	0	0
Studente 75	0	0	1	0	0	0
Studente 76	0	0	0	0	0	1
Studente 77	0	0	1	0	0	0
Studente 78	0	0	1	0	0	0
Studente 79	0	0	1	0	0	0
Studente 80	0	0	0	0	1	0

Studente 81	0	0	0	0	0	1
Studente 82	0	0	1	0	0	0
Studente 83	0	1	0	0	0	0
Studente 84	0	0	1	0	0	0
Studente 85	0	0	0	0	0	0
Studente 86	0	0	0	0	0	0
Studente 87	0	0	0	0	0	1
Studente 88	0	0	0	0	0	1
Studente 89	0	0	0	0	0	1
Studente 90	0	0	0	0	0	1
Studente 91	0	0	1	0	0	0
Studente 92	0	0	0	0	0	1
Studente 93	0	0	0	0	0	1
Studente 94	0	0	0	0	0	1
Studente 95	0	0	1	0	0	0
Studente 96	0	0	0	0	0	1
Studente 97	0	0	0	0	0	1
Studente 98	0	1	0	0	0	0
Studente 99	0	0	0	0	0	1
Studente 100	0	0	0	0	0	1
Studente 101	0	0	0	0	0	1
Studente 102	0	0	0	0	0	1
Studente 103	0	0	0	0	0	1
Studente 104	0	0	0	0	0	1
Studente 105	0	0	0	0	0	1
Studente 106	0	0	0	0	0	1
Studente 107	0	0	0	0	0	1
Studente 108	0	0	0	0	0	1
Studente 109	0	0	0	0	0	1
Studente 110	0	1	0	0	0	0
Studente 111	0	0	0	0	0	1

Studente 112	0	0	0	0	0	1
Studente 113	0	0	0	0	0	1
Studente 114	0	0	0	0	0	1
Studente 115	0	0	0	0	0	1
Studente 116	0	0	0	0	0	1
Studente 117	0	0	0	0	0	1
Studente 118	0	1	0	0	0	0
Studente 119	0	0	0	0	0	1
Studente 120	0	0	0	0	0	1
Studente 121	0	0	0	0	0	1
Studente 122	0	0	0	0	0	1
Studente 123	0	0	0	0	0	1
Studente 124	0	0	0	0	0	1
Studente 125	0	0	0	0	0	1
Studente 126	0	0	0	0	0	0
Studente 127	0	1	0	0	0	0
Studente 128	0	0	0	0	0	0
Studente 129	0	0	0	0	0	1
Studente 130	0	0	0	0	0	1
Studente 131	0	0	0	0	0	1
Studente 132	0	0	0	0	0	0
Studente 133	0	0	0	0	0	1

Tabella a112 – Valutazione quantitativa delle risposte aperte. Percorso 1, classi prime, questionario in uscita

Considera la seguente immagine:



quale delle seguenti affermazioni descrive meglio il significato della linea tratteggiata?

13. Rappresenta un legame debole tra le molecole;
14. Rappresenta un legame a idrogeno;
15. Rappresenta una forza di attrazione dipolo-dipolo, perché l'acqua è una molecola polare;
16. Rappresenta un legame dativo tra le molecole d'acqua.

Motiva la tua risposta:

STUDENTI	Risponde correttamente indicando che l'ossigeno è caricato negativamente e l'idrogeno positivamente, l'acqua è polare, le cariche opposte si attraggono, è un legame tipico dell'acqua	Risponde correttamente indicando solo che si forma un legame a idrogeno, senza citare la polarità	Risponde correttamente con motivazioni casuali	Risponde correttamente e non motiva	Risponde in modo errato citando il legame dativo	Risponde in modo errato citando la poca stabilità del legame	Risponde in modo errato e non motiva	Non risponde e non motiva
Studente 72	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 73	0	1	0	0	0	0	0	0

Studente 74	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 75	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 76	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 77	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 78	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 79	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 80	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 81	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 82	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 83	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 84	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 85	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 86	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 87	0	0	0	0	0	0	0	1
Studente 88	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 89	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 90	0	0	0	0	0	0	0	1
Studente 91	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 92	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 93	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 94	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 95	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 96	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 97	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 98	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 99	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 100	0	0	0	0	0	0	0	1
Studente 101	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 102	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 103	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 104	0	0	0	1	0	0	0	0

Studente 105	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 106	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 107	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 108	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 109	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 110	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 111	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 112	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 113	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 114	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 115	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 116	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 117	0	0	0	0	0	0	0	1
Studente 118	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 119	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 120	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 121	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 122	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 123	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 124	0	0	0	0	0	0	0	1
Studente 125	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 126	0	0	0	0	0	0	0	1
Studente 127	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 128	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 129	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 130	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 131	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 132	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 133	0	0	0	0	0	0	1	0

Tabella a113 – Valutazione quantitativa delle risposte aperte. Percorso 2, questionario in entrata

Il cloruro di magnesio (MgCl_2) è un composto ionico, mentre il cloruro di titanio (TiCl_4) è un composto covalente. Quando una miscela di eguali quantità delle due sostanze viene riscaldata, la fase vapore conterrà:

(a) Uguali quantità dei due composti

(b) prevalentemente molecole di TiCl_4

La ragione della tua scelta è:

1. Perché la diversa natura dei legami intramolecolari non influenza le forze intermolecolari;
2. Perché le forze di interazione tra molecole sono più deboli delle forze di attrazione fra ioni presenti nel sale fuso;
3. Perché è più facile rompere i legami covalenti e quindi portare in fase vapore atomi di titanio e di cloro;
4. Perché sono entrambi cloruri, quindi si comportano in modo simile.

Motiva la tua risposta:

STUDENTI	Risponde correttamente. Parole chiave: è più facile rompere un legame tra molecole covalenti, le interazioni tra ioni sono più forti	Risponde correttamente. Parole chiave: i legami covalenti sono più deboli dei legami ionici, i legami tra ioni sono più forti	Risponde correttamente. Non risponde	risponde in modo errato. Parole chiave: i legami covalenti sono più deboli, i legami ionici sono più forti, è più facile rompere i legami covalenti	Risponde in modo errato. Risposte casuali: per intuito, perché ricordo così, per esclusione	Risponde in modo errato. Non risponde	Non risponde e non motiva
Studente 1	0	0	1	0	0	0	0
Studente 2	0	0	1	0	0	0	0
Studente 3	0	0	0	0	0	1	0
Studente 4	0	0	0	0	0	0	1
Studente 5	0	0	1	0	0	0	0
Studente 6	0	0	1	0	0	0	0
Studente 7	0	0	0	0	0	1	0
Studente 8	0	1	0	0	0	0	0

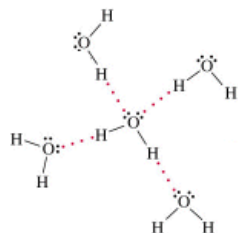
Studente 9	0	0	0	0	0	1	0
Studente 10	0	0	0	0	0	1	0
Studente 11	0	0	0	0	0	0	1
Studente 12	1	0	0	0	0	0	0
Studente 13	0	0	0	0	0	1	0
Studente 14	0	0	0	0	0	1	0
Studente 15	1	0	0	0	0	0	0
Studente 16	0	0	0	0	0	1	0
Studente 17	0	0	0	0	1	0	0
Studente 18	0	0	0	0	0	1	0
Studente 19	0	0	0	0	0	1	0
Studente 20	0	0	0	0	1	0	0
Studente 21	0	0	0	1	0	0	0
Studente 22	0	0	0	1	0	0	0
Studente 23	0	0	0	0	0	0	1
Studente 24	0	0	1	0	0	0	0
Studente 25	0	0	0	0	0	1	0
Studente 26	1	0	0	0	0	0	0
Studente 27	0	0	0	1	0	0	0
Studente 28	0	0	0	0	0	1	0
Studente 29	0	0	0	0	0	1	0
Studente 30	0	0	0	1	0	0	0
Studente 31	0	0	0	0	0	1	0
Studente 32	0	0	0	0	0	1	0
Studente 33	0	0	0	0	0	1	0
Studente 34	1	0	0	0	0	0	0
Studente 35	0	0	0	0	0	1	0
Studente 36	0	0	0	1	0	0	0
Studente 37	0	0	0	0	0	1	0
Studente 38	0	0	0	0	0	1	0

Studente 39	0	0	0	0	0	1	0
Studente 40	0	0	0	1	0	0	0
Studente 41	0	0	0	1	0	0	0
Studente 42	0	0	0	1	0	0	0
Studente 43	0	0	0	0	0	1	0
Studente 44	0	0	1	0	0	0	0
Studente 45	0	0	0	0	0	1	0
Studente 46	0	0	0	0	0	1	0
Studente 47	0	0	0	0	0	1	0
Studente 48	0	0	0	0	0	1	0
Studente 49	0	0	0	1	0	0	0
Studente 50	0	0	1	0	0	0	0
Studente 51	0	0	0	1	0	0	0
Studente 52	0	0	0	1	0	0	0
Studente 53	0	0	0	1	0	0	0
Studente 54	0	0	0	0	0	0	1
Studente 55	0	0	0	0	0	1	0
Studente 56	0	0	0	0	1	0	0
Studente 57	0	0	1	0	0	0	0
Studente 58	0	0	0	1	0	0	0
Studente 59	0	0	0	0	0	1	0
Studente 60	0	0	0	0	0	1	0
Studente 61	0	0	0	0	1	0	0
Studente 62	0	0	0	0	0	1	0
Studente 63	0	0	0	1	0	0	0
Studente 64	0	0	0	0	0	1	0
Studente 65	0	0	1	0	0	0	0
Studente 66	0	0	0	0	0	1	0
Studente 67	0	0	0	0	0	1	0
Studente 68	0	0	0	0	0	1	0

Studente 69	0	0	0	0	1	0	0
Studente 70	0	0	0	0	1	0	0
Studente 71	0	1	0	0	0	0	0
Studente 72	0	0	0	0	0	1	0
Studente 73	0	0	1	0	0	0	0
Studente 74	1	0	0	0	0	0	0
Studente 75	0	0	0	0	0	0	1
Studente 76	0	1	0	0	0	0	0
Studente 77	0	0	0	0	0	1	0
Studente 78	1	0	0	0	0	0	0
Studente 79	0	0	0	0	0	1	0
Studente 80	0	0	0	0	1	0	0
Studente 81	0	0	0	0	1	0	0
Studente 82	0	0	0	0	1	0	0
Studente 83	0	0	0	0	0	1	0

Tabella a114 – Valutazione quantitativa delle risposte aperte. Percorso 2, questionario in entrata

Considera la seguente immagine:



quale delle seguenti affermazioni descrive meglio il significato della linea tratteggiata?

5. Rappresenta un legame debole tra le molecole;
6. Rappresenta un legame a idrogeno;
7. Rappresenta una legame dipolo-dipolo, perché l'acqua è una molecola polare;
8. Rappresenta un legame dativo tra le molecole d'acqua.

Motiva la tua risposta

STUDENTI	Risponde correttamente. Parole chiave: identifica i tre elementi con cui deve essere legato l'idrogeno, l'idrogeno deve legarsi con atomi fortemente elettronegativi	Risponde correttamente. Parole chiave: l'acqua è una molecola polare, l'ossigeno è negativo e l'idrogeno è positivo	Risponde correttamente indicando che il legame a idrogeno è tipico dell'acqua, senza specificare le polarità	Risponde correttamente. Non risponde	Risponde correttamente. Risposte casuali: per intuito, perché ricordo così, per esclusione, perché è la più plausibile	Risponde in modo errato. Parole chiave: l'acqua è polare, legame dipolo-dipolo	Risponde in modo errato citando il legame dativo	Risponde in modo errato. Non risponde
Studente 1	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 2	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 3	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 4	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 5	1	0	0	0	0	0	0	0

Studente 6	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 7	0	1	1	0	0	0	0	0
Studente 8	0	1	1	0	0	0	0	0
Studente 9	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 10	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 11	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 12	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 13	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 14	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 15	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 16	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 17	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 18	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 19	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 20	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 21	0	1	1	0	0	0	0	0
Studente 22	0	1	1	0	0	0	0	0
Studente 23	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 24	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 25	0	1	1	0	0	0	0	0
Studente 26	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 27	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 28	0	0	0	0	0	0	0	1
Studente 29	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 30	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 31	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 32	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 33	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 34	0	0	0	0	0	0	0	1
Studente 35	0	0	0	1	0	0	0	0

Studente 36	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 37	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 38	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 39	0	0	0	0	0	0	0	1
Studente 40	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 41	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 42	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 43	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 44	0	0	0	0	0	0	0	1
Studente 45	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 46	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 47	0	0	0	0	0	0	0	1
Studente 48	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 49		0	0	0	0	0	1	0
Studente 50	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 51	1	0	1	0	0	0	0	0
Studente 52	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 53	0	1	1	0	0	0	0	0
Studente 54	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 55	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 56	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 57	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 58	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 59	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 60	0	0	1	1	0	0	0	0
Studente 61	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 62	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 63	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 64	0	0	0	0	0	0	0	1
Studente 65	0	0	0	1	0	0	0	0

Studente 66	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 67	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 68	0	0	1	0	1	0	0	0
Studente 69	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 70	0	0	1	0	1	0	0	0
Studente 71	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 72	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 73	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 74	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 75	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 76	0	0	1	0	0	1	0	0
Studente 77	0	1	1	0	0	0	0	0
Studente 78	0	1	1	0	0	0	0	0
Studente 79	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 80	0	0	1	0	1	0	0	0
Studente 81	0	1	1	0	0	0	0	0
Studente 82	0	1	1	0	0	0	0	0
Studente 83	0	1	0	0	0	0	0	0

Tabella a115 – Valutazione quantitativa delle risposte aperte. Percorso 2, questionario in entrata

La mioglobina è una proteina globulare; la struttura globulare è data dalla presenza di porzioni della molecola con struttura ad alfa elica e porzioni con struttura a beta foglietto. L'esistenza di due tipi di struttura secondaria è dovuta a:

- 1. Per alcuni aminoacidi prevalgono interazioni fra atomi della stessa catena, mentre per altri prevalgono le interazioni fra catene diverse;*
- 2. Perché la mioglobina deve chiudersi a “gomitolo” per poter esplicare la sua azione;*
- 3. Perché le zone ad alfa elica hanno una funzione diversa rispetto alle zone a beta foglietto;*
- 4. Non c'è una regola stabilita, le catene proteiche assumono casualmente le diverse strutture.*

Motiva la tua risposta:

STUDENTI	Risponde correttamente. Parole chiave: interazioni intermolecolari tra atomi della stessa catena.	Risponde correttamente citando che gli aminoacidi, a secondo delle caratteristiche, cambiano struttura e funzione	Risponde correttamente. Parole chiave: risposte casuali non riconducibili a nessuna categoria.	Risponde correttamente. Non risponde	Risponde in modo errato. Parole chiave: si chiude a gomitolo per entrare nella cellula, si chiude a gomitolo per essere più piccola	Risponde in modo errato. Parole chiave: per svolgere la sua funzione deve chiudersi a gomitolo	Risponde in modo errato. Non risponde	Risponde in modo errato. Risposte casuali	Non sceglie e non risponde
Studente 1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 2	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Studente 3	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 4	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 5	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 6	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 7	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 8	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 9	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 10	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 11	0	0	0	0	0	0	1	0	0

Studente 12	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 13	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 14	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 15	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 16	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 17	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 18	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 19	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 20	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 21	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 22	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 23	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 24	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 25	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 26	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 27	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 28	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 29	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 30	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 31	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 32	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 33	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 34	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 35	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 36	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 37	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 38	0	1	0	1	0	0	0	0	0
Studente 39	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 40	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 41	0	0	0	0	0	1	0	0	0

Studente 42	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 43	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 44	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 45	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 46	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 47	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 48	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 49	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 50	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 51	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 52	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 53	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 54	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 55	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 56	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 57	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 58	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 59	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 60	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 61	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 62	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 63	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 64	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 65	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 66	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 67	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 68	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 69	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 70	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 71	0	0	0	1	0	0	0	0	0

Studente 72	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 73	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 74	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 75	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 76	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 77	0	1	0	0	0	0	1	0	0
Studente 78	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 79	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 80	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 81	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Studente 82	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 83	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Tabella a116 – Valutazione quantitativa delle risposte aperte. Percorso 2, questionario in entrata

La molecola del licopene (il pigmento responsabile del colore rosso del pomodoro) contiene un gran numero di doppi legami coniugati. Aggiungendo bromo al licopene, mentre la reazione procede si osserva un progressivo cambiamento di colore dal giallo, al verde, al blu. Tenendo conto che il bromo si addiziona ai doppi legami trasformandoli in legami singoli, scegli tra le seguenti l'affermazione che meglio spiega il fenomeno.

- 1. La reazione con il bromo provoca una progressiva decomposizione del licopene in altre molecole;*
- 2. All'aumentare del numero dei doppi legami di una certa catena che si rompono, progressivamente diminuisce il grado di coniugazione;*
- 3. Poiché anche il bromo è colorato, il colore della miscela dei due composti è la combinazione dei due colori;*
- 4. Per via della reazione il bromo molecolare produce ioni bromuro che sono responsabili del colore.*

Motiva la tua risposta

STUDENTI	Risponde correttamente. Parole chiave: riprende la frase della scelta multipla, si rompono i doppi legami quindi cambia il colore	Risponde correttamente. Risposte casuali del tipo: per intuito, ricordo così, per esclusione	Risponde correttamente. Non motiva	Risponde in modo errato. Parole chiave: si formano altri composti perché il licopene si decompone	Risponde in modo errato. Parole chiave: i doppi legami diventano singoli e cambia il colore	Risponde in modo errato. Non risponde	Risponde in modo errato. Risposte casuali	Non sceglie e non motiva
Studente 1	0	0	0	0	0	0	0	1
Studente 2	0	0	0	0	0	0	0	1
Studente 3	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 4	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 5	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 6	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 7	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 8	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 9	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 10	0	0	0	0	0	0	0	1
Studente 11	0	0	0	0	0	0	0	1

Studente 12	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 13	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 14	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 15	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 16	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 17	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 18	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 19	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 20	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 21	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 22	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 23	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 24	0	0	0	0	0	0	0	1
Studente 25	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 26	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 27	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 28	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 29	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 30	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 31	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 32	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 33	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 34	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 35	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 36	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 37	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 38	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 39	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 40	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 41	0	0	0	0	0	1	0	0

Studente 42	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 43	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 44	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 45	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 46	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 47	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 48	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 49	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 50	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 51	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 52	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 53	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 54	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 55	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 56	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 57	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 58	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 59	0	0	0	0	0	0	0	1
Studente 60	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 61	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 62	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 63	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 64	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 65	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 66	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 67	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 68	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 69	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 70	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 71	0	0	0	0	0	1	0	0

Studente 72	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 73	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 74	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 75	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 76	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 77	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 78	0	0	0	0	0	0	0	1
Studente 79	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 80	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 81	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 82	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 83	0	0	1	0	0	0	0	0

Tabella a117 – Valutazione quantitativa delle risposte aperte. Percorso 2, questionario in entrata

Secondo la tradizione, Kekulé suggerì che il benzene avesse una struttura ciclica, dopo aver sognato l'immagine di un serpente che si morde la coda. Questa ipotesi contribuì a chiarire alcune evidenze sperimentali altrimenti inspiegabili. Inoltre, fu presto messo in evidenza, che questa struttura ciclica contenesse doppi legami alternati e che fosse quindi possibile rappresentarla mediante formule di risonanza.

Quale delle seguenti proprietà del benzene può essere interpretate solo in termini di una struttura ciclica con doppi legami delocalizzati?

5. Tutti gli atomi di carbonio si comportano in modo identico verso opportune reazioni chimiche (per esempio l'addizione di un alogeno);
6. Le lunghezze di legame sono tutte uguali;
7. L'anello del benzene risulta particolarmente poco reattivo in reazioni che comportano la rottura dei doppi legami;
8. Il benzene cristallino forma strutture simili a quelle della grafite.

Motiva la tua risposta:

STUDENTI	Risponde correttamente. Parole chiave: benzene poco reattivo perché ci sono doppi legami delocalizzati, i doppi legami sono più difficili da rompere	Risponde correttamente. Parole chiave: i doppi legami sono più difficili da rompere	Risponde correttamente. Non motiva	Risponde in modo errato. Parole chiave: formule di risonanza che determinano legami tutti uguali, i legami sono di lunghezza intermedia	Risponde in modo errato. Risposte casuali	Risponde in modo errato. Non risponde	Non risponde e non motiva
Studente 1	0	0	0	0	0	0	1
Studente 2	0	0	0	0	0	1	0
Studente 3	0	0	1	0	0	0	0
Studente 4	0	0	0	0	0	0	1
Studente 5	0	0	1	0	0	0	0
Studente 6	0	0	1	0	0	0	0
Studente 7	0	0	1	0	0	0	0
Studente 8	0	0	0	0	0	0	1
Studente 9	0	0	1	0	0	0	0

Studente 10	0	0	1	0	0	0	0
Studente 11	0	0	0	0	0	0	1
Studente 12	0	0	0	0	0	1	0
Studente 13	1	0	0	0	0	0	0
Studente 14	0	0	1	0	0	0	0
Studente 15	0	0	1	0	0	0	0
Studente 16	1	0	0	0	0	0	0
Studente 17	1	0	0	0	0	0	0
Studente 18	0	0	0	0	1	0	0
Studente 19	0	0	1	0	0	0	0
Studente 20	1	0	0	0	0	0	0
Studente 21	0	0	1	0	0	0	0
Studente 22	0	0	1	0	0	0	0
Studente 23	0	0	0	0	0	1	0
Studente 24	0	0	0	0	0	0	1
Studente 25	0	0	1	0	0	0	0
Studente 26	1	0	0	0	0	0	0
Studente 27	0	0	0	0	0	1	0
Studente 28	0	0	0	0	0	1	0
Studente 29	0	0	1	0	0	0	0
Studente 30	0	0	0	0	0	1	0
Studente 31	0	0	1	0	0	0	0
Studente 32	0	0	1	0	0	0	0
Studente 33	0	0	1	0	0	0	0
Studente 34	0	0	1	0	0	0	0
Studente 35	0	0	1	0	0	0	0
Studente 36	0	0	1	0	0	0	0
Studente 37	0	0	0	0	1	0	0
Studente 38	0	0	0	0	0	0	1
Studente 39	0	0	0	0	0	1	0

Studente 40	0	0	0	0	1	0	0
Studente 41	0	0	0	0	0	1	0
Studente 42	0	0	1	0	0	0	0
Studente 43	0	0	1	0	0	0	0
Studente 44	0	0	0	0	0	1	0
Studente 45	0	0	1	0	0	0	0
Studente 46	0	0	1	0	0	0	0
Studente 47	0	0	1	0	0	0	0
Studente 48	0	0	1	0	0	0	0
Studente 49	0	0	0	1	0	0	0
Studente 50	0	0	0	0	1	0	0
Studente 51	0	0	0	0	1	0	0
Studente 52	0	0	0	0	1	0	0
Studente 53	0	0	1	0	0	0	0
Studente 54	0	0	0	0	0	1	0
Studente 55	0	0	1	0	0	0	0
Studente 56	0	0	0	0	0	0	1
Studente 57	0	0	1	0	0	0	0
Studente 58	0	0	0	0	0	0	1
Studente 59	0	0	0	0	0	0	1
Studente 60	0	0	0	0	0	1	0
Studente 61	0	0	0	0	1	0	0
Studente 62	0	0	1	0	0	0	0
Studente 63	0	0	0	0	0	0	0
Studente 64	0	0	0	0	0	0	1
Studente 65	0	0	0	0	0	0	1
Studente 66	0	0	1	0	0	0	0
Studente 67	0	0	0	0	0	1	0
Studente 68	0	0	1	0	0	0	0
Studente 69	0	0	0	0	1	0	0

Studente 70	0	0	0	1	0	0	0
Studente 71	0	0	0	1	0	0	0
Studente 72	0	0	0	0	0	1	0
Studente 73	0	0	0	1	0	0	0
Studente 74	0	0	0	0	0	0	0
Studente 75	0	0	0	0	0	1	0
Studente 76	0	0	0	0	1	0	0
Studente 77	0	1	0	0	0	0	0
Studente 78	0	0	0	1	0	0	0
Studente 79	0	1	0	0	0	0	0
Studente 80	0	0	0	0	0	0	0
Studente 81	0	1	0	0	0	0	0
Studente 82	0	0	0	1	0	0	0
Studente 83	0	1	0	0	0	0	0

Tabella a118 – Valutazione quantitativa delle risposte aperte. Percorso 2, questionario in entrata

Considera due molecole polari, libere di muoversi. E' possibile che a causa delle interazioni intermolecolari le due molecole tendano ad assumere delle particolari orientazioni reciproche?

- 1. Si perché le molecole si muovono casualmente, quindi assumeranno tutte le possibili orientazioni;*
- 2. No perché il movimento richiede temperature eccessivamente elevate;*
- 3. Si perché i dipoli tendono ad allinearsi;*
- 4. Si perché le molecole tendono a occupare il minimo spazio possibile.*

Motiva la tua risposta

STUDENTI	Risponde correttamente. Parole chiave: la parte positiva di un dipolo interagisce con la parte negativa di un altro dipolo, cariche di segno opposto si attraggono, formano un legame dipolo-dipolo	Risponde correttamente. Parole chiave: i dipoli tendono ad allinearsi. (non specifica le cariche), due molecole polari si attraggono assumendo una determinata struttura	Risponde correttamente. Risposte casuali (per intuito, per esclusione, ecc)	Risponde correttamente. Non motiva	Risponde in modo errato. Risposte casuali	Risponde in modo errato. Non risponde	Non risponde e non motiva
Studente 1	1	0	0	0	0	0	0
Studente 2	0	0	0	1	0	0	0
Studente 3	0	0	0	0	0	1	0
Studente 4	1	0	0	0	0	0	0
Studente 5	0	0	0	1	0	0	0
Studente 6	0	0	0	1	0	0	0
Studente 7	0	0	0	0	0	1	0
Studente 8	0	0	0	0	0	0	1
Studente 9	0	0	0	0	0	1	0
Studente 10	0	0	0	0	0	1	0
Studente 11	0	0	0	0	0	0	1
Studente 12	1	0	0	0	0	0	0

Studente 13	0	0	0	1	0	0	0
Studente 14	0	0	0	1	0	0	0
Studente 15	0	0	0	0	0	1	0
Studente 16	1	0	0	0	0	0	0
Studente 17	1	0	0	0	0	0	0
Studente 18	0	0	0	1	0	0	0
Studente 19	0	0	0	0	0	1	0
Studente 20	1	0	0	0	0	0	0
Studente 21	0	0	0	0	0	0	1
Studente 22	0	0	0	0	0	1	0
Studente 23	0	0	0	1	0	0	0
Studente 24	0	0	0	1	0	0	0
Studente 25	0	1	0	0	0	0	0
Studente 26	1	0	0	0	0	0	0
Studente 27	0	0	0	0	0	1	0
Studente 28	0	0	0	1	0	0	0
Studente 29	0	0	0	1	0	0	0
Studente 30	0	0	0	0	0	1	0
Studente 31	0	0	0	1	0	0	0
Studente 32	0	0	0	0	0	1	0
Studente 33	0	0	1	0	0	0	0
Studente 34	0	0	0	0	0	1	0
Studente 35	0	0	0	0	0	1	0
Studente 36	0	0	0	0	0	1	0
Studente 37	0	0	0	1	0	0	0
Studente 38	0	0	0	0	0	1	0
Studente 39	0	0	0	0	0	1	0
Studente 40	0	1	0	0	0	0	0
Studente 41	0	0	0	1	0	0	0
Studente 42	0	0	0	0	0	1	0

Studente 43	0	0	0	0	0	1	0
Studente 44	0	0	0	0	1	0	0
Studente 45	0	0	0	0	0	1	0
Studente 46	0	0	0	0	0	1	0
Studente 47	0	0	0	0	0	1	0
Studente 48	0	0	0	0	0	1	0
Studente 49	0	0	0	0	0	0	1
Studente 50	0	0	0	0	1	0	0
Studente 51	0	0	0	0	1	0	0
Studente 52	1	0	0	0	0	0	0
Studente 53	0	1	0	0	0	0	0
Studente 54	1	0	0	0	0	0	0
Studente 55	1	0	0	0	0	0	0
Studente 56	0	1	0	0	0	0	0
Studente 57	1	0	0	0	0	0	0
Studente 58	0	0	0	0	0	0	1
Studente 59	0	0	0	0	0	0	1
Studente 60	0	0	0	1	0	0	0
Studente 61	0	0	0	0	1	0	0
Studente 62	0	0	1	0	0	0	0
Studente 63	1	0	0	0	0	0	0
Studente 64	0	0	0	1	0	0	0
Studente 65	1	0	0	0	0	0	0
Studente 66	1	0	0	0	0	0	0
Studente 67	1	0	0	0	0	0	0
Studente 68	1	0	0	0	0	0	0
Studente 69	0	1	0	0	0	0	0
Studente 70	1	0	0	0	0	0	0
Studente 71	1	0	0	0	0	0	0
Studente 72	0	0	0	1	0	0	0

Studente 73	0	1	0	0	0	0	0
Studente 74	1	0	0	0	0	0	0
Studente 75	0	0	0	0	1	0	0
Studente 76	1	0	0	0	0	0	0
Studente 77	0	0	0	1	0	0	0
Studente 78	1	0	0	0	0	0	0
Studente 79	0	1	0	0	0	0	0
Studente 80	0	0	1	0	0	0	0
Studente 81	0	1	0	0	0	0	0
Studente 82	1	0	0	0	0	0	0
Studente 83	0	1	0	0	0	0	0

Tabella a119– Valutazione quantitativa delle risposte aperte. Percorso 2, questionario in entrata

I polimeri si ottengono collegando insieme in lunghe catene, un gran numero di piccoli gruppi di atomi chiamati monomeri. I polimeri possono assumere diverse conformazioni nello spazio; poiché le interazioni fra i monomeri sono di tipo attrattivo, la singola catena tende ad assumere preferenzialmente una conformazione raggomitolata. Quando sono presenti più catene, si possono anche instaurare interazioni fra monomeri di catene adiacenti. In questo caso, risulterà ancora favorita la conformazione raggomitolata?

1. *Si, perché la conformazione raggomitolata è la più stabile per la singola catena;*
2. *No, perché entrano in gioco anche le interazioni tra catene adiacenti;*
3. *No, perché gli urti tra catene raggomitolate, ne provocano l'apertura;*
4. *Si, perché la conformazione raggomitolata è quella che occupa il minimo spazio.*

Motiva la tua risposta

STUDENTI	Risponde correttamente. Parole chiave: in presenza di due catene non prevalgono più le interazioni tra la stessa catena.	Risponde correttamente. Parole chiave: le due catene si dispongono parallelamente, i legami tra le catene non favoriscono la conformazione raggomitolata, quando due catene vengono a contatto la conformazione cambia	Risponde correttamente. Risposte casuali (per intuito, per esclusione, ecc)	Risponde correttamente. Non motiva	Risponde in modo errato. Parole chiave: le catene tendono ad occupare il minimo spazio	Risponde in modo errato. Risposte casuali	Risponde in modo errato. Non risponde	Risponde in modo errato. Parole chiave: i legami intermolecolari stabilizzano la struttura raggomitolata	Non sceglie e non motiva
Studente 1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 2	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 3	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 5	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 6	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 7	0	0	0	0	0	0	1	0	0

Studente 8	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 9	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 10	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Studente 11	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 12	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 13	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 14	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 15	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 16	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 17	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 18	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 19	0	0	0	1	0	0	0	0	
Studente 20	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 21	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 22	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 23	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 24	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 25	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 26	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 27	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 28	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 29	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 30	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 31	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 32	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 33	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 34	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 35	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 36	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 37	0	0	0	0	0	1	0	0	0

Studente 38	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 39	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 40	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 41	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 42	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 43	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 44	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 45	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 46	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 47	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 48	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 49	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 50	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 51	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Studente 52	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 53	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Studente 54	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 55	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 56	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Studente 57	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 58	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Studente 59	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 60	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 61	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 62	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Studente 63	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 64	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Studente 65	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 66	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 67	0	0	0	0	1	0	0	0	0

Studente 68	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 69	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 70	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 71	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 72	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 73	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 74	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 75	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 76	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 77	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 78	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 79	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 80	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 81	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Studente 82	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 83	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Tabella a120 – Valutazione quantitativa delle risposte aperte. Percorso 2, questionario in uscita

Il cloruro di magnesio (MgCl_2) è un composto ionico, mentre il cloruro di titanio (TiCl_4) è un composto covalente. Quando una miscela di eguali quantità delle due sostanze viene riscaldata, la fase vapore conterrà:

(a) Uguali quantità dei due composti

(b) prevalentemente molecole di TiCl_4

La ragione della tua scelta è:

5. Perché la diversa natura dei legami intramolecolari non influenza le forze intermolecolari;
6. Perché le forze di interazione tra molecole sono più deboli delle forze di attrazione fra ioni presenti nel sale fuso;
7. Perché è più facile rompere i legami covalenti e quindi portare in fase vapore atomi di titanio e di cloro;
8. Perché sono entrambi cloruri, quindi si comportano in modo simile.

Motiva la tua risposta:

STUDENTI	Risponde correttamente. Parole chiave: è più facile rompere un legame tra molecole covalenti, le interazioni tra ioni sono più forti	Risponde correttamente. Parole chiave: i legami covalenti sono più deboli dei legami ionici, i legami tra ioni sono più forti	Risponde correttamente. Non motiva	Risponde in modo errato. Parole chiave: i legami covalenti sono più deboli, i legami ionici sono più forti, è più facile rompere i legami covalenti	Risponde in modo errato. Risposte casuali: per intuito, perché ricordo così, per esclusione	Risponde in modo errato. Non motiva	Risponde in modo errato ma motiva in modo corretto indicando che le forze intermolecolari sono più deboli e dipendono dalle forze intramolecolari	Non risponde e non motiva
Studente 1	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 2	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 3	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 4	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 5	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 6	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 7	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 8	1	0	0	0	0	0	0	0

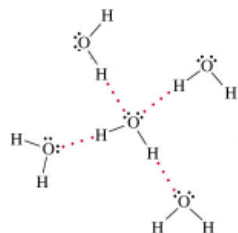
Studente 9	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 10	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 11	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 12	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 13	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 14	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 15	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 16	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 17	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 18	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 19	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 20	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 21	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 22	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 23	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 24	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 25	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 26	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 27	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 28	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 29	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 30	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 31	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 32	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 33	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 34	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 35	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 36	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 37	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 38	0	0	1	0	0	0	0	0

Studente 39	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 40	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 41	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 42	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 43	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 44	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 45	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 46	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 47	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 48	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 49	0	0	0	0	0	0	0	1
Studente 50	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 51	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 52	0	0	0	0	0	0	0	1
Studente 53	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 54	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 55	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 56	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 57	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 58	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 59	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 60	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 61	0	0	0	0	0	0	0	1
Studente 62	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 63	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 64	0	0	0	0	0	0	0	1
Studente 65	0	0	0	0	0	0	0	1
Studente 66	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 67	0	0	0	0	0	0	0	1
Studente 68	0	0	0	0	0	0	0	1

Studente 69	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 70	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 71	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 72	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 73	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 74	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 75	0	0	0	0	0	0	0	1
Studente 76	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 77	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 78	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 79	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 80	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 81	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 82	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 83	1	0	0	0	0	0	0	0

Tabella a121 – Valutazione quantitativa delle risposte aperte. Percorso 2, questionario in uscita

Considera la seguente immagine:



quale delle seguenti affermazioni descrive meglio il significato della linea tratteggiata?

1. Rappresenta un legame debole tra le molecole;
2. Rappresenta un legame a idrogeno;
3. Rappresenta una legame dipolo-dipolo, perché l'acqua è una molecola polare;
4. Rappresenta un legame dativo tra le molecole d'acqua.

Motiva la tua risposta

STUDENTI	Risponde correttamente. Parole chiave: identifica i tre elementi con cui deve essere legato l'idrogeno, l'idrogeno deve legarsi con atomi fortemente elettronegativi	Risponde correttamente. Parole chiave: l'acqua è una molecola polare, l'ossigeno è negativo e l'idrogeno è positivo	Risponde correttamente indicando che il legame a idrogeno è tipico dell'acqua, senza specificare le polarità	Risponde correttamente. Non motiva	Risponde correttamente. Risposte casuali: per intuito, perché ricordo così, per esclusione, perché è la più plausibile	Risponde in modo errato. Parole chiave: l'acqua è polare, legame dipolo-dipolo	Risponde in modo errato citando il legame dativo	Risponde in modo errato. Non risponde	Non sceglie e non motiva
Studente 1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 2	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Studente 3	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 5	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 6	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 7	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 8	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 9	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 10	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 11	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 12	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 13	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 14	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 15	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 16	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 17	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 18	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 19	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 20	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 21	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 22	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 23	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 24	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 25	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 26	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 27	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 28	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 29	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 30	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 31	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 32	0	1	0	0	0	0	0	0	0

Studente 33	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 34	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 35	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 36	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 37	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 38	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 39	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 40	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 41	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 42	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 43	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 44	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 45	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 46	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 47	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 48	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 49	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 50	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 51	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 52	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 53	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 54	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 55	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 56	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 57	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 58	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 59	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 60	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 61	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 62	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Studente 63	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Studente 64	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 65	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 66	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 67	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 68	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 69	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 70	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 71	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 72	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 73	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 74	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 75	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 76	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 77	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 78	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 79	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 80	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 81	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 82	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 83	0	1	0	0	0	0	0	0	0

Tabella a122 – Valutazione quantitativa delle risposte aperte. Percorso 2, questionario in uscita

La mioglobina è una proteina globulare; la struttura globulare è data dalla presenza di porzioni della molecola con struttura ad alfa elica e porzioni con struttura a beta foglietto. L'esistenza di due tipi di struttura secondaria è dovuta a:

- 5. Per alcuni aminoacidi prevalgono interazioni fra atomi della stessa catena, mentre per altri prevalgono le interazioni fra catene diverse;*
- 6. Perché la mioglobina deve chiudersi a “gomitolo” per poter esplicare la sua azione;*
- 7. Perché le zone ad alfa elica hanno una funzione diversa rispetto alle zone a beta foglietto;*
- 8. Non c'è una regola stabilita, le catene proteiche assumono casualmente le diverse strutture.*

Motiva la tua risposta:

STUDENTI	Risponde correttamente. Parole chiave: interazioni intermolecolari tra atomi della stessa catena.	Risponde correttamente citando che gli aminoacidi, a secondo delle caratteristiche, cambiano struttura e funzione	Risponde correttamente. Parole chiave: risposte casuali non riconducibili a nessuna categoria.	Risponde correttamente. Non motiva	Risponde in modo errato. Parole chiave: si chiude a gomitolo per entrare nella cellula, si chiude a gomitolo per essere più piccola	Risponde in modo errato. Parole chiave: per svolgere la sua funzione deve chiudersi a gomitolo	Risponde in modo errato. Non risponde	Risponde in modo errato. Risposte casuali	Non sceglie e non motiva
Studente 1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 2	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 3	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 4	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 5	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 6	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 7	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 8	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 9	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 10	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 11	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 12	0	0	0	0	0	0	0	1	0

Studente 13	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 14	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 15	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 16	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 17	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Studente 18	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 19	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Studente 20	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 21	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 22	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 23	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 24	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 25	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 26	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 27	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 28	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 29	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 30	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 31	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 32	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 33	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 34	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 35	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 36	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 37	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 38	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 39	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 40	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 41	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 42	0	0	0	1	0	0	0	0	0

Studente 43	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 44	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 45	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 46	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 47	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 48	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 49	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 50	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 51	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 52	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 53	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 54	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Studente 55	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 56	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 57	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 58	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 59	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 60	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 61	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 62	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 63	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 64	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Studente 65	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 66	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 67	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 68	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 69	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 70	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 71	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 72	0	0	0	1	0	0	0	0	0

Studente 73	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 74	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 75	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 76	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 77	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 78	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 79	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 80	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Studente 81	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 82	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Studente 83	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Tabella a123 – Valutazione quantitativa delle risposte aperte. Percorso 2, questionario in uscita

La molecola del licopene (il pigmento responsabile del colore rosso del pomodoro) contiene un gran numero di doppi legami coniugati. Aggiungendo bromo al licopene, mentre la reazione procede si osserva un progressivo cambiamento di colore dal giallo, al verde, al blu. Tenendo conto che il bromo si addiziona ai doppi legami trasformandoli in legami singoli, scegli tra le seguenti l'affermazione che meglio spiega il fenomeno.

5. *La reazione con il bromo provoca una progressiva decomposizione del licopene in altre molecole;*
6. *All'aumentare del numero dei doppi legami di una certa catena che si rompono, progressivamente diminuisce il grado di coniugazione;*
7. *Poiché anche il bromo è colorato, il colore della miscela dei due composti è la combinazione dei due colori;*
8. *Per via della reazione il bromo molecolare produce ioni bromuro che sono responsabili del colore.*

Motiva la tua risposta

STUDENTI	Risponde correttamente. Parole chiave: riprende la frase della scelta multipla, si rompono i doppi legami quindi cambia il colore	Risponde correttamente. Risposte casuali del tipo: per intuito, ricordo così, per esclusione	Risponde correttamente. Non motiva	Risponde in modo errato. Parole chiave: si formano altri composti perché il licopene si decompone	Risponde in modo errato. Parole chiave: i doppi legami diventano singoli e cambia il colore	Risponde in modo errato. Non risponde	Risponde in modo errato. Risposte casuali	Non sceglie e non motiva
Studente 1	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 2	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 3	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 4	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 5	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 6	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 7	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 8	0	0	0	0	0	0	0	1
Studente 9	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 10	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 11	0	0	0	0	0	1	0	0

Studente 12	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 13	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 14	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 15	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 16	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 17	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 18	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 19	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 20	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 21	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 22	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 23	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 24	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 25	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 26	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 27	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 28	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 29	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 30	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 31	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 32	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 33	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 34	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 35	0	0	0	0	0	0	0	1
Studente 36	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 37	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 38	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 39	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 40	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 41	0	0	0	0	0	1	0	0

Studente 42	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 43	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 44	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 45	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 46	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 47	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 48	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 49	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 50	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 51	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 52	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 53	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 54	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 55	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 56	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 57	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 58	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 59	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 60	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 61	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 62	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 63	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 64	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 65	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 66	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 67	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 68	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 69	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 70	0	0	0	0	0	0	0	1
Studente 71	1	0	0	0	0	0	0	0

Studente 72	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 73	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 74	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 75	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 76	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 77	0	0	0	0	0	0	0	1
Studente 78	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 79	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 80	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 81	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 82	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 83	1	0	0	0	0	0	0	0

Tabella a124 – Valutazione quantitativa delle risposte aperte. Percorso 2, questionario in entrata

Secondo la tradizione, Kekulé suggerì che il benzene avesse una struttura ciclica, dopo aver sognato l'immagine di un serpente che si morde la coda. Questa ipotesi contribuì a chiarire alcune evidenze sperimentali altrimenti inspiegabili. Inoltre, fu presto messo in evidenza, che questa struttura ciclica contenesse doppi legami alternati e che fosse quindi possibile rappresentarla mediante formule di risonanza.

Quale delle seguenti proprietà del benzene può essere interpretate solo in termini di una struttura ciclica con doppi legami delocalizzati?

9. Tutti gli atomi di carbonio si comportano in modo identico verso opportune reazioni chimiche (per esempio l'addizione di un alogeno);
10. Le lunghezze di legame sono tutte uguali;
11. L'anello del benzene risulta particolarmente poco reattivo in reazioni che comportano la rottura dei doppi legami;
12. Il benzene cristallino forma strutture simili a quelle della grafite.

Motiva la tua risposta:

STUDENTI	Risponde correttamente. Parole chiave: benzene poco reattivo perché ci sono doppi legami delocalizzati, i doppi legami sono più difficili da rompere	Risponde correttamente. Parole chiave: i doppi legami sono più difficili da rompere	Risponde in modo errato citando che, a causa della delocalizzazione, gli elettroni o i legami si spostano in continuazione fino a trovare una struttura intermedia	Risponde correttamente. Risposte casuali (paragone con la grafite)	Risponde correttamente. Non motiva	Risponde in modo errato. Parole chiave: formule di risonanza che determinano legami tutti uguali, i legami sono di lunghezza intermedia	Risponde in modo errato. Risposte casuali	Risponde in modo errato. Non motiva	Non risponde e non motiva
Studente 1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 2	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 3	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 4	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 5	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 6	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 7	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 8	0	0	1	0	0	0	0	0	0

Studente 9	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 10	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 11	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 12	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 13	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 14	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 15	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 16	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 17	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 18	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 19	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 20	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 21	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 22	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 23	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 24	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 25	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 26	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 27	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 28	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 29	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 30	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 31	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 32	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 33	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 34	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 35	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 36	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Studente 37	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 38	0	0	0	0	0	0	0	1	0

Studente 39	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 40	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 41	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 42	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 43	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 44	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 45	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 46	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 47	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 48	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 49	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 50	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 51	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 52	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 53	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 54	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 55	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 56	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 57	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 58	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 59	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 60	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 61	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 62	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 63	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 64	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 65	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 66	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 67	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 68	0	0	0	0	0	0	1	0	0

Studente 69	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 70	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 71	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 72	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 73	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 74	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Studente 75	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 76	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 77	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 78	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 79	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 80	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 81	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 82	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 83	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabella a125 – Valutazione quantitativa delle risposte aperte. Percorso 2, questionario in uscita

Considera due molecole polari, libere di muoversi. E' possibile che a causa delle interazioni intermolecolari le due molecole tendano ad assumere delle particolari orientazioni reciproche?

5. *Si perché le molecole si muovono casualmente, quindi assumeranno tutte le possibili orientazioni;*
6. *No perché il movimento richiede temperature eccessivamente elevate;*
7. *Si perché i dipoli tendono ad allinearsi;*
8. *Si perché le molecole tendono a occupare il minimo spazio possibile.*

Motiva la tua risposta

STUDENTI	Risponde correttamente. Parole chiave: la parte positiva di un dipolo interagisce con la parte negativa di un altro dipolo, cariche di segno opposto si attraggono, formano un legame dipolo-dipolo	Risponde correttamente. Parole chiave: i dipoli tendono ad allinearsi. (non specifica le cariche), due molecole polari si attraggono assumendo una determinata struttura	Risponde correttamente. Risposte casuali (per intuito, per esclusione, ecc)	Risponde correttamente. Non motiva	Risponde in modo errato. Risposte casuali	Risponde in modo errato. Non risponde	Non sceglie e non motiva
Studente 1	1	0	0	0	0	0	0
Studente 2	0	0	0	0	0	1	0
Studente 3	1	0	0	0	0	0	0
Studente 4	1	0	0	0	0	0	0
Studente 5	1	0	0	0	0	0	0
Studente 6	0	1	0	0	0	0	0
Studente 7	1	0	0	0	0	0	0
Studente 8	0	0	0	0	0	0	1
Studente 9	0	0	0	1	0	0	0
Studente 10	1	0	0	0	0	0	0
Studente 11	0	0	0	1	0	0	0
Studente 12	1	0	0	0	0	0	0

Studente 13	0	0	0	1	0	0	0
Studente 14	0	0	0	1	0	0	0
Studente 15	0	0	0	1	0	0	0
Studente 16	0	0	0	1	0	0	0
Studente 17	0	1	0	0	0	0	0
Studente 18	1	0	0	0	0	0	0
Studente 19	1	0	0	0	0	0	0
Studente 20	1	0	0	0	0	0	0
Studente 21	1	0	0	0	0	0	0
Studente 22	1	0	0	0	0	0	0
Studente 23	0	0	0	0	0	1	0
Studente 24	0	0	0	1	0	0	0
Studente 25	0	1	0	0	0	0	0
Studente 26	1	0	0	0	0	0	0
Studente 27	1	0	0	0	0	0	0
Studente 28	0	0	0	0	0	1	0
Studente 29	0	0	0	1	0	0	0
Studente 30	1	0	0	0	0	0	0
Studente 31	1	0	0	0	0	0	0
Studente 32	1	0	0	0	0	0	0
Studente 33	0	1	0	0	0	0	0
Studente 34	0	0	0	0	0	0	1
Studente 35	0	0	0	1	0	0	0
Studente 36	1	0	0	0	0	0	0
Studente 37	1	0	0	0	0	0	0
Studente 38	0	0	0	1	0	0	0
Studente 39	1	0	0	0	0	0	0
Studente 40	1	0	0	0	0	0	0
Studente 41	0	1	0	0	0	0	0
Studente 42	1	0	0	0	0	0	0

Studente 43	0	1	0	0	0	0	0
Studente 44	0	1	0	0	0	0	0
Studente 45	1	0	0	0	0	0	0
Studente 46	1	0	0	0	0	0	0
Studente 47	1	0	0	0	0	0	0
Studente 48	0	1	0	0	0	0	0
Studente 49	0	0	1	0	0	0	0
Studente 50	0	0	0	0	0	0	1
Studente 51	1	0	0	0	0	0	0
Studente 52	0	1	0	0	0	0	0
Studente 53	0	1	0	0	0	0	0
Studente 54	1	0	0	0	0	0	0
Studente 55	0	1	0	0	0	0	0
Studente 56	1	0	0	0	0	0	0
Studente 57	1	0	0	0	0	0	0
Studente 58	0	1	0	0	0	0	0
Studente 59	0	0	0	1	0	0	0
Studente 60	0	1	0	0	0	0	0
Studente 61	0	1	0	0	0	0	0
Studente 62	1	0	0	0	0	0	0
Studente 63	0	0	0	0	0	1	0
Studente 64	1	0	0	0	0	0	0
Studente 65	0	0	1	0	0	0	0
Studente 66	1	0	0	0	0	0	0
Studente 67	0	0	1	0	0	0	0
Studente 68	0	0	1	0	0	0	0
Studente 69	1	0	0	0	0	0	0
Studente 70	1	0	0	0	0	0	0
Studente 71	1	0	0	0	0	0	0
Studente 72	0	1	0	0	0	0	0

Studente 73	1	0	0	0	0	0	0
Studente 74	0	0	0	0	1	0	0
Studente 75	1	0	0	0	0	0	0
Studente 76	0	1	0	0	0	0	0
Studente 77	1	0	0	0	0	0	0
Studente 78	0	1	0	0	0	0	0
Studente 79	1	0	0	0	0	0	0
Studente 80	1	0	0	0	0	0	0
Studente 81	1	0	0	0	0	0	0
Studente 82	0	1	0	0	0	0	0
Studente 83	0	1	0	0	0	0	0

Tabella a126– Valutazione quantitativa delle risposte aperte. Percorso 2, questionario in uscita

I polimeri si ottengono collegando insieme in lunghe catene, un gran numero di piccoli gruppi di atomi chiamati monomeri. I polimeri possono assumere diverse conformazioni nello spazio; poiché le interazioni fra i monomeri sono di tipo attrattivo, la singola catena tende ad assumere preferenzialmente una conformazione raggomitolata. Quando sono presenti più catene, si possono anche instaurare interazioni fra monomeri di catene adiacenti. In questo caso, risulterà ancora favorita la conformazione raggomitolata?

5. *Si, perché la conformazione raggomitolata è la più stabile per la singola catena;*
6. *No, perché entrano in gioco anche le interazioni tra catene adiacenti;*
7. *No, perché gli urti tra catene raggomitolate, ne provocano l'apertura;*
8. *Si, perché la conformazione raggomitolata è quella che occupa il minimo spazio.*

Motiva la tua risposta

STUDENTI	Risponde correttamente. Parole chiave: in presenza di due catene non prevalgono più le interazioni tra la stessa catena.	Risponde correttamente. Parole chiave: le due catene si dispongono parallelamente, i legami tra le catene non favoriscono la conformazione raggomitolata, quando due catene vengono a contatto la conformazione cambia	Risponde correttamente. Risposte casuali (per intuito, per esclusione, ecc)	Risponde correttamente. Non risponde	Risponde in modo errato. Parole chiave: le catene tendono ad occupare il minimo spazio	Risponde in modo errato. Risposte casuali	Risponde in modo errato. Non risponde	Risponde in modo errato. Parole chiave: i legami intermolecolari stabilizzano la struttura raggomitolata,	Non sceglie e non risponde
Studente 1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 2	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 3	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 4	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 5	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 6	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 7	0	0	0	0	1	0	0	0	0

Studente 8	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 9	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 10	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 11	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 12	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Studente 13	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 14	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 15	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 16	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 17	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 18	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 19	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 20	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 21	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 22	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 23	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 24	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 25	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Studente 26	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Studente 27	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 28	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 29	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Studente 30	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 31	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 32	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 33	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 34	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 35	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 36	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 37	0	0	0	1	0	0	0	0	0

Studente 38	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 39	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 40	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 41	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 42	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 43	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 44	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 45	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 46	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Studente 47	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 48	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 49	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 50	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Studente 51	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 52	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 53	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 54	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 55	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Studente 56	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 57	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 58	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 59	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 60	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 61	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 62	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 63	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Studente 64	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 65	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 66	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 67	0	0	0	0	0	0	1	0	0

Studente 68	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 69	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 70	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 71	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 72	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Studente 73	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 74	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 75	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Studente 76	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Studente 77	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 78	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 79	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Studente 80	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 81	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 82	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Studente 83	0	1	0	0	0	0	0	0	0